

不同花生麸处理对菜心品质及糖代谢相关酶活性的影响

柴喜荣, 杨锦荣, 王惠, 康云艳, 赵普艳, 杨暹

(华南农业大学园艺学院 广州 510642)

摘要: 为探究花生麸处理对菜心品质和糖分积累的影响,以60天特青菜心为试材,设置花生麸30 kg·667 m²、40 kg·667 m²、50 kg·667 m²和复合肥30 kg·667 m²以及不施肥(CK)5个处理,研究不同处理对菜心产量、品质及糖代谢相关酶活性的影响。结果表明,50 kg·667 m²花生麸处理的菜心单株质量比对照提高50.22%,比复合肥处理提高8.19%。花生麸用量达40~50 kg·667 m²时,菜心茎叶中可溶性糖、还原性糖、蔗糖、果糖和茎中维生素C、还原糖、蔗糖含量均显著优于复合肥及对照处理。50 kg·667 m²处理时,茎叶和茎中可溶性糖及蔗糖含量最高,可溶性糖含量(w,后同)为17.09 mg·g⁻¹和29.7 mg·g⁻¹,蔗糖含量为0.51 mg·g⁻¹和0.87 mg·g⁻¹,与40 kg·667 m²处理间差异不显著。茎中蔗糖和可溶性糖含量与蔗糖合成酶活性呈显著正相关,果糖和还原糖含量与中性转化酶活性和蔗糖磷酸合成酶活性呈显著正相关。从成本与效果综合考虑,以花生麸40 kg·667 m²处理较适宜。

关键词: 菜心;花生麸;产量;品质;糖代谢

中图分类号: S634.5

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2022)03-048-05

Effect of peanut bran fertilization on quality and activities of enzymes related to sugar metabolism of Chinese flowering cabbage

CHAI Xirong, YANG Jinrong, WANG Hui, KANG Yunyan, ZHAO Puyan, YANG Xian

(College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China)

Abstract: A 60-day Chinese flowering cabbage variety was used to test the effects peanut bran fertilization on quality and sugar accumulation. The experiment had five treatments with peanut bran 30 kg·667 m², peanut bran 40 kg·667 m², peanut bran 50 kg·667 m², compound fertilizer 30 kg·667 m², and no fertilizer as CK. The results showed that use of peanut bran at the rate of 50 kg·667 m² significantly increased the plant weight of Chinese flowering cabbage, 50.22% higher than that of no fertilization and 8.19% higher than that of compound fertilizer. When peanut bran use at rate of 40-50 kg·667 m², the contents of soluble sugar, reducing sugar, sucrose, fructose in the leaves and the contents of vitamin C, reducing sugar, sucrose in the stem were significantly greater than those in the compound fertilizer and the control. At the application rate of peanut bran 50 kg·667 m², the contents of soluble sugar and sucrose were the highest, the soluble sugar contents were 17.09 mg·g⁻¹ and 29.7 mg·g⁻¹, and the sucrose was 0.51 mg·g⁻¹ and 0.87 mg·g⁻¹ in the leaves and stems, respectively. No difference was observed between the rate of 50 kg·667 m² and 40 kg·667 m². The contents of sucrose and soluble sugar in stem were positively correlated with sucrose synthase activity, and the fructose and reducing sugar contents were positively correlated with neutral invertase and sucrose phosphate synthase activities. Considering the treatment cost and effect, the application of peanut bran 40 kg·667 m² gave the best result.

Key words: Chinese flowering cabbage; Peanut bran; Yield; Quality; Glucose metabolism

菜心(*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee.),又名菜薹,因其营养丰富、生育期短、适应性强而备受人们青睐,是华南地区产量和面积最大的薹茎类蔬菜^[1]。随着人民生活水平的

提高,人们的消费已逐步从数量型向质量型转变,追求口感好、甜度高的菜心已成为消费者的基本要求^[2-3],而甜度在很大程度上取决于果实内所含糖分的种类和数量^[4]。蔗糖、果糖、葡萄糖是菜心中主要

收稿日期:2021-06-01;修回日期:2021-09-04

基金项目:广东省重点领域研发计划(2018B020202010);2020年广东省农业科技创新及推广体系建设项目(2020KJ122);广东省自然科学基金项目(2018A0303130316);2021年省级农业科技创新推广及农业资源与生态环境保护建设项目(2021KJ122)

作者简介:柴喜荣,女,实验师,研究方向为蔬菜生理与分子生物学。E-mail: chaixirong1006@163.com

通信作者:杨暹,男,教授,研究方向为蔬菜生理与分子生物学。E-mail: yangxian@scau.edu.cn

的可溶性糖,其含量变化对菜心品质形成起重要作用^[5]。

蔗糖代谢是糖积累、转化的重要环节,蔗糖代谢相关酶的研究则是探讨糖分积累、代谢的重要内容。中性转化酶(NI)、酸性转化酶(AI)、蔗糖合成酶(SS)和蔗糖磷酸合成酶(SPS)被认为是大部分植物蔗糖代谢的关键酶^[6]。有研究表明,在糖料作物甘蔗和甜菜以及果实类作物中,合理施肥以及外源施用植物生长调节剂均可不同程度地调节作物体内糖分代谢,并且提高作物产量^[7-9]。

花生麸作为一种优质的新型有机肥料,不仅含有丰富的养分,而且能够改善土壤环境,缓解由于过度使用化肥所导致的一系列污染问题,具有广阔的应用前景,在果树的种植生产当中被广泛地投入,对于改善果实品质起了很大的作用^[10-11]。蔬菜方面也有少量研究,袁同文等^[12]通过施用不同肥料品种及配比,指出花生麸在同等产量条件下,可显著提高菜心食用品质;张春雅等^[13]以柳叶空心菜为试材,对其进行花生麸追肥试验,结果表明追肥次数与产量呈正比,且具有增强植物光合作用、提高叶片色泽的作用。迄今为止,关于花生麸提高蔬菜作物产量及改善品质的应用研究不够深入,花生麸的具体施用量与植株体内各糖分积累及代谢酶活性相关性未见报道。

笔者通过比较不同花生麸施用量对菜心产量、品质的影响,以及调控糖代谢酶类进而影响菜心茎秆中糖分的积累,旨在揭示菜心糖分积累的机制,为花生麸在菜心的规模化生产中提高菜心产量和品质提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

以60天特青菜心为试材,由广东省农业科学院蔬菜所提供。

花生麸原料购于广东省惠州市四季绿农产品有限公司,每1000 kg花生麸原料加入0.25 kg的枯草芽孢杆菌混合发酵30 d,发酵后的花生麸养分组成:有机质含量(w,后同)78.2%、全氮含量6.54%、磷含量(P₂O₅)1.78%、钾含量(K₂O)1.42%、水分含量13.4%、pH为7.78。

1.2 试 验 设 计

2020年7月17日将菜心种植于华南农业大学园艺学院蔬菜栽培大棚内,8月26日采收。采用105孔穴盘育苗,菜心长到3~4片真叶时选取长势

一致的植株定植于试验地,株行距为15 cm×20 cm。试验共5个处理,每个处理设置3次重复,即:花生麸30 kg·667 m⁻²(A1)、花生麸40 kg·667 m⁻²(A2)、花生麸50 kg·667 m⁻²(A3)、复合肥(m_N:m_P:m_K=17:5:12)30 kg·667 m⁻²(CF)、不施肥(CK,对照处理),将15个小区在大棚内进行随机区组排列,小区面积为1.0 m×2.2 m,每小区种植66株菜心。移苗前施总肥量的80%作为基肥。定植后第5天和第10天各追肥1次,施肥量各为总肥量的10%,采用水溶施肥方式,每株定量200 mL。试验地菜心全部1次性采收完毕,并统计产量,其他管理与常规生产一致。

1.3 测 定 方 法

于采收期,各处理随机挑选10株菜心测定植株各项生长指标,并分别取菜薹的叶片和薹茎,用液氮速冻固定样品,放入粉碎机粉碎,之后用冰盒保存鲜样于低温状态下(-72℃冰箱中),以便进行称取样品。对每个处理样品进行分装、标记,用于测定品质指标。

株高、薹粗采用游标卡尺测量,株高:从菜心第1片真叶基部开始,到生长点的距离。薹粗:对菜心第5与第6片叶之间的粗度进行测量。叶片数:植株的展叶数。菜薹产量:从第4节位开始,测定植株质量。参照李合生^[14]的方法测定维生素C、可溶性糖、可溶性蛋白、可溶性糖和还原糖含量。参照张志良等^[15]的方法测定蔗糖、果糖含量。参照王慧聪等^[16]的方法测定各糖代谢酶活性,略有改进。

1.4 数 据 处 理

采用Excel 2016和SPSS Statistic 17.0进行数据整理和分析,差异性检验采用Duncan法。

2 结 果 与 分 析

2.1 花生麸处理对菜心植株生长和单株质量的影响

从表1可以看出,随着花生麸施用量的增加,菜心株高、薹粗、叶片数逐渐增加,均以A3处理为最大,且均显著高于CK和CF。A1处理菜心株高、

表1 花生麸处理对菜心植株生长和产量的影响

处理	株高/cm	薹粗/cm	叶片数	单株质量/g
A1	21.48±1.68 bc	1.72±0.028 cd	14.00±0.26 bc	77.64±2.93 b
A2	28.47±1.61 a	1.83±0.027 ab	14.62±0.32 ab	91.58±5.53 a
A3	29.61±0.81 a	1.90±0.030 a	15.30±0.15 a	97.52±3.06 a
CF	22.90±1.27 b	1.81±0.035 bc	14.16±0.60 bc	90.14±3.59 a
CK	18.40±0.97 c	1.66±0.023 d	13.37±0.41 c	64.92±1.88 c

注:同列数据不同字母表示在0.05水平差异显著。下同。

薹粗、叶片数与 CK、CF 处理差异均不显著。在各处理中,以 A3 处理植株最高,比不施肥处理提高 60.92%,比复合肥处理提高 29.30%,A2 和 A3 处理之间没有显著差异。由此可见,当花生麸达到一定施用量后,菜心的株高变化差异不显著,但均显著高于复合肥处理和不施肥处理;与不施肥相比,施用复合肥处理能显著增加菜心株高。

从表 1 可以看出,随着花生麸施用量的增加,菜心单株质量不断提高,各处理与对照相比,差异显著。花生麸处理为 50 kg·667 m²(A3)时,菜心单株质量最高,为 97.52 g,比对照提高 50.22%,比复合肥(CF)处理提高 8.19%。由此可见,施用花生麸与复合肥处理均显著提高菜薹质量,当花生麸施用量达到一定程度后,花生麸的施用效果优于复合肥。

2.2 花生麸处理对菜心品质的影响

由表 2 可以看出,不同花生麸处理菜心维生素 C 含量不同。在各处理中,A2 处理薹叶维生素 C 含量最高,显著高于对照及复合肥处理,比二者分别提高 9.37%和 4.22%。A3 处理薹茎维生素 C 含量最高,显著高于对照及复合肥,比二者分别提高 25.18%和 45.02%;A2 处理薹茎次之,且与 A3 处理差异不显著,与其他处理差异显著。由此可见,适宜用量的花生麸处理可以显著提高菜心维生素 C 含量。

表 2 花生麸处理对菜心维生素 C 含量的影响

处理	w(维生素 C)(mg·100 g ⁻¹)	
	薹叶	薹茎
A1	37.77±0.31 ab	41.97±1.58 b
A2	38.29±0.58 a	50.48±3.85 a
A3	37.96±0.29 ab	50.80±1.17 a
CF	36.74±0.39 b	35.03±2.47 b
CK	35.01±0.30 c	40.58±2.73 b

由表 3 可以看出,在各处理中,A2 处理薹叶中可溶性蛋白质含量最高,比 CK 提高 9.02%,且二者差异显著;比 CF 处理提高 2.14%,但二者差异不显著。在各处理中,以 A3 处理薹茎可溶性蛋白含量最高,比 CK 提高 11.90%,且二者差异显著;比 CF

处理提高 9.30%,但二者差异不显著。由此表明,适宜用量的花生麸处理可促进菜心可溶性蛋白的合成。

表 3 花生麸处理对可溶性蛋白含量的影响

处理	w(可溶性蛋白)/(mg·g ⁻¹)	
	薹叶	薹茎
A1	10.89±0.48 ab	1.71±0.05 b
A2	11.48±0.22 a	1.75±0.06 ab
A3	11.12±0.15 ab	1.88±0.04 a
CF	11.24±0.25 ab	1.72±0.01 ab
CK	10.53±0.13 b	1.68±0.05 b

由表 4 可以看出,菜心薹叶和薹茎可溶性糖含量变化趋势一致,薹叶和薹茎可溶性糖含量均随着花生麸施用量的增加而逐渐增加,A3 处理时可溶性糖含量均达到最高值,且与 CK、CF 相比差异显著。与 CK 相比,薹叶和薹茎可溶性糖含量分别提高 33.00%和 21.62%;与 CF 相比,薹叶和薹茎可溶性糖含量分别提高 20.27%和 13.79%。

菜心薹叶和薹茎中还原糖含量呈现出随着花生麸施用量的增加先上升后下降的趋势。在各处理中,A2 处理还原糖含量最高,但薹叶中各还原糖含量差异不显著。薹茎中 A2 处理还原糖含量最高,其次是 A3 处理,且二者均与 CK、CF 存在显著差异,比 CK 分别提高 33.63%和 30.02%;与 CF 相比分别提高 33.23%和 29.63%。由此可见,花生麸处理对于菜心可溶性糖和还原糖含量均有促进作用,且其效果优于复合肥处理。

由表 4 可以看出,随着花生麸施用量的增加,菜心薹叶及薹茎蔗糖含量均呈上升趋势,且薹叶蔗糖含量均显著高于 CK 及 CF 处理,薹茎蔗糖含量均显著高于 CK。在各处理中,A3 处理薹叶及薹茎蔗糖含量均最高,与 CK 相比分别提高 41.67%和 27.94%;与 CF 相比分别提高 34.21%和 24.29%。可见,适宜的花生麸处理对于菜心薹叶和菜薹蔗糖含量有显著的促进效果。

由表 4 可以看出,不同花生麸处理,菜心薹叶和薹茎中果糖含量变化趋势不同。A3 处理薹叶中果糖含量最高,其次是 A2 处理,且二者均与对照及

表 4 花生麸处理对菜心糖分含量的影响

处理	w(mg·g ⁻¹)							
	w(可溶性糖)		w(还原糖)		w(蔗糖)		w(果糖)	
	薹叶	薹茎	薹叶	薹茎	薹叶	薹茎	薹叶	薹茎
A1	15.29±0.255 b	28.09±0.75 ab	9.23±0.270 a	19.54±1.07 ab	0.43±0.01 b	0.78±0.040 bc	0.59±0.020 bc	4.95±0.25 bc
A2	16.55±0.263 a	28.14±0.85 ab	9.97±0.226 a	22.57±1.23 a	0.48±0.01 a	0.82±0.024 ab	0.66±0.027 ab	6.03±0.30 a
A3	17.09±0.827 a	29.70±0.53 a	9.50±0.491 a	21.96±0.93 a	0.51±0.01 a	0.87±0.029 a	0.68±0.036 a	5.58±0.30 ab
CF	14.21±0.485 b	26.10±0.60 bc	9.17±0.238 a	16.94±0.90 b	0.38±0.01 c	0.70±0.027 cd	0.55±0.019 c	4.98±0.54 bc
CK	12.85±0.451 c	24.42±1.88 c	8.92±0.383 a	16.89±0.88 b	0.36±0.01 c	0.68±0.020 d	0.53±0.019 c	4.20±0.24 c

复合肥处理差异显著; 薹茎中以 A2 处理果糖含量最高, 其次是 A3 处理, 且二者均与对照处理差异显著。A3 处理的薹叶果糖含量比 CK 提高 28.30%, 比 CF(复合肥)处理提高 23.64%。在各处理中, A2 处理薹茎果糖含量最高, 比 CK 提高 43.57%, 比 CF(复合肥)处理提高 21.08%。

2.3 花生麸处理对菜心糖代谢相关酶活性的影响

由表 5 可以看出, 不同花生麸处理的菜心薹叶和薹茎中酶活性不同, 叶片中 A2 处理 NI 活性最高, 比 CK 提高 21.68%, 与 CF(复合肥)处理相比提高 19.03%, 其次是 A3 处理, 二者均显著高于其他处理, 但两者间差异不显著。薹茎中以 A2 处理 NI

表 5 花生麸处理对菜心糖代谢酶活性的影响

处理	NI 活性/(mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹)		AI 活性/(mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹)		SS 活性/(mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹)		SPS 活性/(mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹)	
	薹叶	薹茎	薹叶	薹茎	薹叶	薹茎	薹叶	薹茎
A1	12.54±0.58 b	16.96±0.77 b	40.15±1.31 bc	30.86±0.89 a	2.52±0.10 bc	7.01±0.13 ab	2.75±0.17 a	3.84±0.04 bc
A2	14.76±0.60 a	20.35±1.08 a	43.53±0.92 ab	28.33±0.59 ab	2.78±0.08 ab	7.07±0.25 ab	2.84±0.12 a	4.36±0.25 a
A3	14.63±0.86 a	17.73±0.83 b	44.00±1.22 a	28.13±0.75 b	2.91±0.07 a	7.34±0.20 a	2.91±0.18 a	4.09±0.14 ab
CF	12.40±0.50 b	15.99±0.32 b	41.14±0.87 abc	27.28±0.35 b	2.50±0.13 bc	6.95±0.12 ab	2.69±0.07 a	3.54±0.18 c
CK	12.13±0.34 b	15.53±0.32 b	37.84±1.38 c	26.77±1.03 b	2.37±0.11 c	6.70±0.16 b	2.56±0.10 a	3.53±0.10 c

活性最高, 且显著高于其他各处理, 其他各处理之间差异不显著。

从表 5 可以看出, 随着花生麸施用量的增加, 薹叶 AI 活性有增加的趋势, A3 处理时活性最高, 与对照处理差异显著。薹茎中 A1 处理 AI 活性最高, 之后随着花生麸施用量的增加, 活性有下降趋势, A1 处理与不施肥及复合肥处理相比差异显著。

从表 5 可以看出, 不同的花生麸处理对菜心薹叶 SS 活性有一定影响。随着花生麸施用量的增加, 薹叶 SS 活性不断提高, 以 A3 处理薹叶 SS 活性最高, 与 CK 处理相比提高 22.78%, 与 CF 处理相比提高 16.40%。在各处理中, 以 A3 处理薹茎 SS 活性最高, 且显著高于 CK, 与 CK 处理相比提高 9.55%, 与 CF 处理相比提高 5.61%, 而其他处理间差异不显著。

从表 5 可以看出, 各施肥处理对菜心薹叶 SPS 活性的影响没有显著差异。不同施用量的花生麸施肥处理对菜心薹茎 SPS 活性的影响较大。与 CK 相比, A2、A3 处理的菜心薹茎 SPS 活性显著提高, 分别增加 23.51%、15.86%。与 CF 处理相比, A2、A3 处理薹茎 SPS 活性也显著提高, 增幅分别为 23.16%、15.54%。A1、CK 和 CF 处理间差异不显著。

2.4 花生麸处理对菜心糖组分与相关代谢酶活性的影响

由表 6 可知, 菜心薹叶和薹茎中各糖分含量与代谢酶活性的相关性不同。其中, 薹叶中蔗糖含量与 NI、AI 活性呈显著正相关, 与 SS、SPS 活性呈极显著正相关。薹叶中果糖含量与 AI 活性呈显著正相关, 与 NI、SS、SPS 活性呈极显著正相关。薹叶中

可溶性糖含量与 NI、AI、SS 活性呈显著正相关, 与 SPS 活性呈极显著正相关。而薹叶中还原糖含量与 NI 活性呈显著正相关, 与其他酶活性相关性不显著。薹茎中蔗糖和可溶性糖含量主要受 SS 活性影响, 果糖和还原糖含量主要受 NI 和 SPS 活性影响, 均呈显著正相关。

表 6 菜心糖组分与相关代谢酶活性的相关系数

糖组分	部位	NI 活性	AI 活性	SS 活性	SPS 活性
蔗糖含量	薹叶	0.931*	0.895*	0.968**	0.972**
	薹茎	0.792	0.419	0.918*	0.873
果糖含量	薹叶	0.960**	0.904*	0.968**	0.959**
	薹茎	0.917*	0.244	0.780	0.915*
可溶性糖含量	薹叶	0.905*	0.934*	0.955*	0.995**
	薹茎	0.641	0.561	0.951*	0.779
还原糖含量	薹叶	0.903*	0.852	0.802	0.796
	薹茎	0.901*	0.377	0.792	0.981*

注: *、**分别表示 0.05 和 0.01 差异显著水平。

3 讨论与结论

在菜心生产过程中, 由于过分追求高产, 长期过量投入化肥, 极易造成菜心产量和营养品质下降, 同时加剧了病虫害的发生^[17-19]。有机肥的施用可以显著提高蔬菜产量和品质, 同时能够改良土壤理化性质, 提高土壤有机质含量^[20-21]。聂磊和刘鸿先^[22]研究表明, 施用花生麸+人粪尿等有机肥后柚果的总糖、总酸、可溶性固形物、维生素 C 和氨基酸含量均有所提高。区善汉等^[11]研究表明, 开沟施花生麸 4.0~6.0 kg·株⁻¹, 可显著提高沙田柚果实总糖含量, 改善果实品质。

本试验结果表明, 菜心产量随着花生麸用量的提高而逐渐上升, 花生麸用量达到 40~50 kg·667 m⁻²

时,菜心各产量指标的综合促进效果优于复合肥,且在该处理浓度下,菜心茎叶中可溶性糖、还原性糖、蔗糖、果糖和和茎中维生素 C、还原糖、蔗糖含量均显著优于复合肥及对照处理。而从成本与效果综合来考虑,以花生麸 40 kg·667 m²处理对菜心的品质改善效果最佳。本试验结果中,茎可溶性糖、还原糖、蔗糖和果糖含量均高于叶片,原因可能是茎叶作为代谢源,其营养物质(包括糖类物质)源源不断地输送到茎中以利于菜心品质的形成,这与张晓艳等^[6]研究结果一致。

蔗糖是植物叶片光合产物向果实中运输的主要形态,也是库代谢的基质^[2]。果实获取同化物的能力在很大程度上取决于其库强,而库强的大小常决定于与糖代谢相关酶类的活性^[5,23-24]。叶红霞等^[25]研究表明 SPS、AI 活性是决定甜瓜果实蔗糖含量的关键酶,蔗糖含量的上升与 SPS 活性的上升相伴随。张晓艳等^[6]研究指出,菜心叶片的 SS、SPS 活性与可溶性糖、蔗糖、果糖和还原糖含量的相关性不显著;茎的 NI 和 AI 活性与可溶性糖、蔗糖、果糖和还原糖含量的相关性均不显著。本试验由各代谢酶活性及与各糖分的相关性结果可知,除 AI 外,其他酶活性均表现为茎高于叶,茎中蔗糖、果糖、可溶性糖含量与 NI、AI、SS、SPS 活性均呈显著正相关,而茎中蔗糖和可溶性糖含量均与 SS 活性呈显著正相关,果糖和还原糖含量均与 NI 和 SPS 活性呈显著正相关,本试验结果与张晓艳研究结果不尽相同,原因可能是不同的菜心品种糖代谢规律有差异。

可以推测,通过提高 NI、SS、SPS 活性可以促进茎糖分的形成,增加糖分的积累,改善菜心的品质与风味。本试验结果明确了不同花生麸处理菜心适宜的施肥量为 40 kg·667 m²,接下来为更好地指导菜心生产及不同菜心品种选育,有必要从糖代谢酶的分子调控及遗传机制方面做进一步深入研究。

参考文献

- [1] 黄秀,黄新敏,宋世威,等.菜心生物技术研究进展[J].热带农业科学,2017,37(10):54-60.
- [2] 柴喜荣,孙荣标,康云艳,等.有机叶面肥(顶灵)对菜心产量和品质的影响[J].中国瓜菜,2019,32(6):44-47.
- [3] 康云艳,黄爱政,杨暹,等.脱落酸和烯效唑对菜心品质特性的影响[J].安徽农业科学,2012,40(28):13765-13767.
- [4] 林玲,孙光明,李绍鹏,等.园艺植物果实中糖代谢的研究进展[J].华南热带农业大学学报,2005,11(4):37-41.
- [5] 柴喜荣,于文杰,杨暹,等.不同供硼水平对菜心光合作用和品质的影响[J].广东农业科学,2013,40(12):37-39.
- [6] 张晓艳,叶珺琳,李仕芳,等.不同熟性菜心品种糖代谢规律的研究[J].广东农业科学,2015,42(18):25-31.
- [7] THORBURN P J, BIGGS J S, WEBSTER A J, et al. An improved way to determine nitrogen fertiliser requirements of sugar cane crops to meet global environmental challenges[J]. Plant and Soil, 2011, 339(1/2):51-67.
- [8] VICENTINI R, DE MARIA FELIX J, DORNELAS M C, et al. Characterisation of a sugarcane (*Saccharum* spp.) gene homolog to the brassinosteroid insensitive-1 associated receptor kinase 1 that is associated to sugar content[J]. Plant Cell Reports, 2009, 28(3):481-491.
- [9] 张强,郭晓霞,田露,等.化肥减施下生物有机肥对甜菜生长发育及产质量的影响[J].中国糖料,2021,43(2):55-60.
- [10] 刘冬莲,黄运珍,李秀丽,等.花生麸肥对果树种植的影响[J].安徽农学通报,2008,14(9):231.
- [11] 区善汉,梅正敏,林林,等.施用花生麸对沙田柚果实品质的影响[J].南方农业学报,2015,46(12):2168-2172.
- [12] 袁同文,钟木兰,黄文海,等.菜心追施花生麸肥效果浅探[J].现代园艺,2019(14):4-5.
- [13] 张春雅,李彩媛,韦娇媚.蔬菜栽培使用花生麸液肥追肥的实验效果分析[J].中国农业信息,2016(9):141-142.
- [14] 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,2000:195-199.
- [15] 张志良,瞿伟菁.植物生理学实验指导[M].4版.北京:高等教育出版社,2010:102-109.
- [16] 王惠聪,黄辉白,黄旭明.荔枝果实的糖积累与相关酶活性[J].园艺学报,2003,30(1):1-5.
- [17] WANG J Y, YAN X Y, GONG W. Effect of long-term fertilization on soil productivity on the north China plain[J]. Pedosphere, 2015, 25(3):450-458.
- [18] 郭巨先,刘玉涛,杨暹.钾营养对菜心(菜心)炭疽病发生和植株防御酶活性的影响[J].中国蔬菜,2012(14):86-89.
- [19] 李永胜,杜建军,张稳成,等.菜心减量优化施肥效应研究[J].北方园艺,2014(14):18-21.
- [20] 李锋,池福铃,阮惠明,等.不同施肥模式对小白菜生长及品质的影响[J].中国瓜菜,2019,32(3):22-25.
- [21] 李苹,付弘婷,张发宝,等.蚕沙有机肥对作物产量、品质及土壤性质的影响[J].南方农业学报,2015,46(7):1195-1199.
- [22] 聂磊,刘鸿先.有机肥对沙田柚果实品质的影响初探[J].广东农业科学,2001,28(2):31-34.
- [23] TIAN L, JIA H F, LI C L, et al. Sucrose accumulation during grape berry and strawberry fruit ripening is controlled predominantly by sucrose synthase activity[J]. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 2012, 87(6):661-667.
- [24] 黄爱政,刘晓静,康云艳,等.脱落酸和烯效唑对菜心光合作用的影响[J].广东农业科学,2012,39(22):77-79.
- [25] 叶红霞,吕律,王同林,等.不同变种甜瓜糖分积累及蔗糖代谢酶活性动态变化[J].核农学报,2019,33(10):1959-1966.