

何鑫,张存政,孙爱东,等. 冬季大棚栽培环境对白菜生长与营养品质的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(7):201-204.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.07.056

冬季大棚栽培环境对白菜生长与营养品质的影响

何鑫,张存政,孙爱东,刘贤金,卢海燕,吴若涵
(江苏省农业科学院食品质量与安全检测研究所,江苏南京 210014)

摘要:采用基质栽培的生产方式,对长江中下游地区广泛栽培的 4 个白菜品种(矮脚黄、苏州青、上海青、上海五月慢)进行冬季大棚栽培,分析栽培后 30、60 d 4 种白菜品种形态指标和营养成分的变化,以棚内恒温环境为对照。结果表明:大棚栽培环境下不同品种白菜发芽时间和长至 4 叶期时间皆长于恒温栽培。生长 30 d,大棚栽培环境下,矮脚黄形态指标变化不大;苏州青株高较恒温栽培增加,叶长、叶柄长增加;上海青叶宽减小,其他形态指标差异不显著;上海五月慢植株开展度降低,叶柄长增加。各品种间可溶性蛋白含量差异不显著,叶绿素含量略有减少,维生素 C 含量显著升高。低温变温环境中,叶绿素含量直接制约白菜苗期生长时间和形态指标形成。生长至 60 d,大棚栽培环境下,不同品种白菜叶宽、开展度、叶长等指标显著低于恒温栽培相应品种。低温、变温环境显著影响白菜的叶柄和叶宽指数,导致叶柄伸长、叶宽减少,叶面积减少。不同品种白菜根冠比无显著差异。苏州青、矮脚黄可在 $-1 \sim -5^{\circ}\text{C}$ 下生长良好且可形成较好的营养品质和产量。

关键词:大棚;环境条件;白菜;营养品质;形态指标

中图分类号: S634.04 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)07-0201-04

白菜(*Brassica campestris* ssp. *chinensis*)属十字花科芸薹属青菜种,别称小白菜、青梗白菜等,是我国常见的绿叶菜^[1]。白菜具有营养丰富、生长速度快、适应性广等特点,在长江中下游各大、中城市居民消费和绿叶菜周年供应中具有重要地位^[2-3]。白菜喜冷凉,耐低温,是我国主要的冬季栽培叶菜之一^[4]。大棚栽培措施可保持环境温度,可有效预防极端低温的产生,缩短栽培生长时间。研究发现,冬季大棚有效的昼夜温差有利于白菜营养品质的形成^[5-6],但温度过低便形成低温胁迫。Krishna 等研究发现,低温胁迫下白菜可溶性蛋白含量增加,可束缚更多的水分,减少原生质体因结冰伤害而致死的概率,减轻冰晶对类囊体的伤害^[7]。此外,低温胁迫使植株叶片积累可溶性糖类,可溶性糖类能减轻低温胁迫对植物的伤害,也可通过渗透作用提高质膜的稳定性,维持细胞膨压^[8-9]。低温胁迫对白菜生长影响早已明确,但在实际生产过程中,利用有效的低温环境提高植物营养品质还未见报道。江苏地区冬季生产中常出现极低气温,经历低温不同白菜品种营养品质差异较大^[10]。本试验结合生产实际,选取冬季广泛栽培的 4 个不同白菜品种在冬季大棚栽培环境中研究白菜营养物质的积累情况,探讨环境对不同品种白菜营养品质的影响,旨在为提高白菜营养品质提供理论依据。

1 材料与方法

收稿日期:2015-06-03

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(13)3090]。

作者简介:何鑫(1986—),女,硕士,助理研究员,从事绿叶菜优质安全生产、周年供应方向的研究。E-mail:hx87837183@sohu.com。

通信作者:刘贤金,博士,研究员,从事农药毒理、残留等副作用监控技术研究。Tel:(025)84391116;E-mail:jaasliu@jaas.ac.cn。

1.1 试验设计

试验于 2013 年 12 月下旬至 2014 年 2 月中旬进行,供试品种为江苏地区广泛栽培品种抗病矮脚黄(AH)、苏州青(SQ)、上海青(HQ)、上海五月慢(WM),品种抗逆性及生长特性见表 1。试验设计 2 种栽培环境:其一,在江苏省农业科学院食品质量与安全检测研究所试验单体大棚进行常规的冬季生产,大棚温度、湿度、光照均依赖天气变化和农事操作;其二,在棚对照组进行控温栽培生长,日温($20 \pm 2^{\circ}\text{C}$),夜温($15 \pm 2^{\circ}\text{C}$),选择恒温控制器 DWS-K5-S8 实现温度控制。12 月 20 日分别进行直播育苗,统一使用栽培基质成分为草炭、蛭石、珍珠岩、有机肥(体积比为 6:1:3:3),随机区组试验设计,每盘 128 株,每个品种 3 次重复,进行常规栽培管理方式。

1.2 测定项目及方法

统计发芽时间和栽培 30、60 d 的白菜生长情况。待白菜各品种长至 30、60 d 时,随机选取 5 株,采用游标卡尺测量株高、根系长、叶宽等,取第 3 张叶测量叶长、叶宽、叶柄长。随机取同一时间每个处理的供试品种 3 株,采用乙醇-丙酮混合液浸提法测量叶绿素含量;采用 GB/T 6195—1986《水果、蔬菜维生素 C 含量测定法》规定的方法测定维生素 C 含量;采用 ATAGO 测量仪测定可溶性糖含量,采用 GB 5009.5—2010《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》规定的方法测定食品中蛋白质含量。

1.3 大棚环境温、湿度变化

采用温湿度记录仪实时监测大棚环境下温度、湿度变化情况(图 1),大棚通风时间为 10:00—15:00。试验期棚内环境温度与外界环境温度变化直接相关,趋势相同,晚间温度变化较外界迟缓。棚内温度最高值出现在每日 11:00—15:00,1 月 17 日 13:00 出现最高温度 38.7°C 。每日最低气温出现在 04:00—06:00,2014 年 2 月 11 日 06:00 出现最低气温

-4.3℃。2014 年 1 月 6—8 日、1 月 28—29 日、2 月 5—8 日 99.9%。其他统计时期大棚内湿度变化趋势较室外平缓,午连续阴雨雪天气,日最高气温较低,棚内整日湿度达到 间湿度最低,18:00 至次日 07:00 棚内湿度达 99.9%。

表 1 供试白菜品种名称及栽培特性

品种	来源	茎秆颜色	抗逆性	栽培时间
AH	江蔬种苗科技有限公司	白梗	耐寒、抗病	10 月至翌年 3 月
SQ	邦达种业	青梗	抗病中等、耐寒	9 月下旬至翌年 2 月
HQ	绿领种业	青梗	抗寒、旱	10 月中旬至翌年 4 月上旬
WM	绿领种业	青梗	耐寒、抗病、耐抽薹	10 月至翌年 6 月上旬

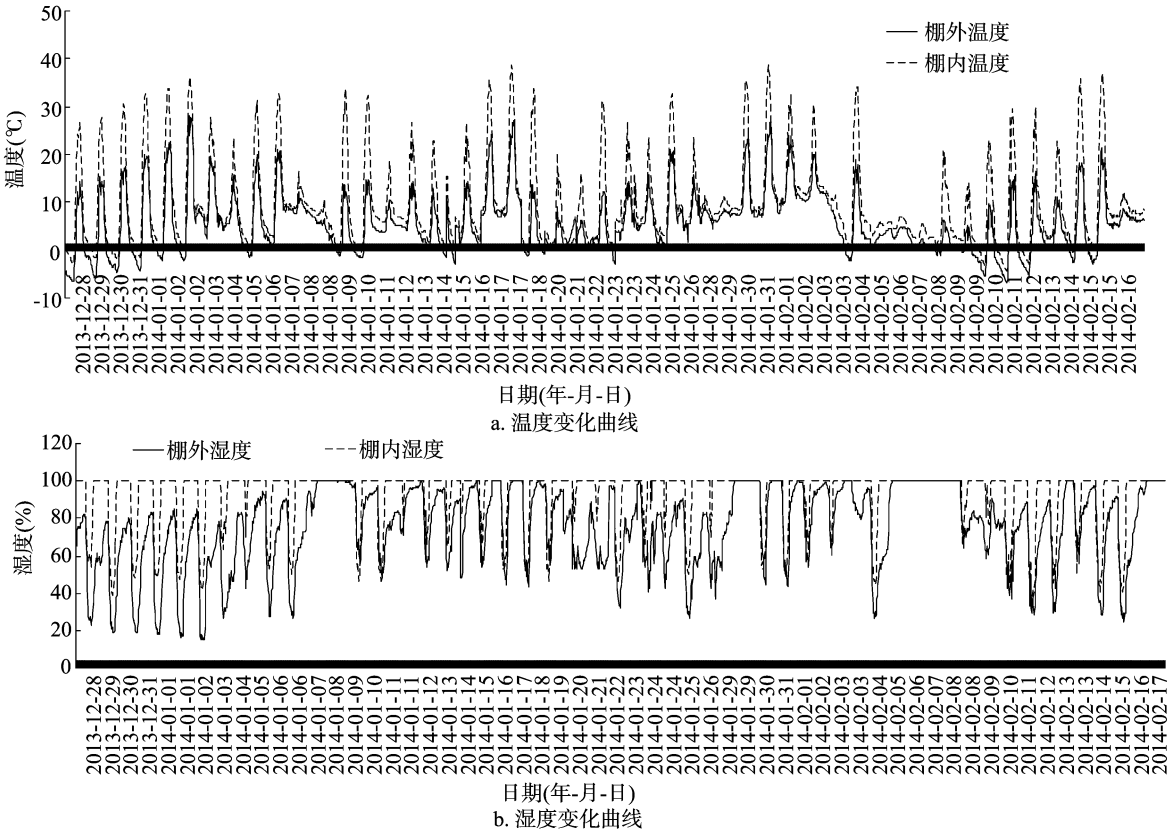


图1 大棚内外温度、湿度变化曲线

1.4 数据处理

采用 DPS 新复极差方法和 Excel 2007 软件进行统计分析和作图。

2 结果与分析

2.1 不同栽培环境下白菜苗期生长情况

对照组 HQ 播种后 2 d 即发芽,其他品种 12 月 23 日发芽。大棚播种后夜温较低(图 1),导致发芽时间较长,SQ 在大棚栽培环境下于 12 月 23 日发芽,其他品种于 12 月 24 日发芽,整齐度良好。栽培 30 d 时,不同白菜品种大棚环境中叶片数均极显著少于对照组。栽培 60 d,大棚栽培环境下,SQ 叶片数多于对照组,其他品种均低于对照组相应品种(表 2)。

表 2 2 种栽培环境下白菜各品种生长状况

品种	对照发芽时间 (月-日)	大棚发芽时间 (月-日)	栽培 30 d 叶数(张)		栽培 60 d 叶数(张)	
			对照	大棚	对照	大棚
AH	12-23	12-24	5.65aA	4.38bB	15.80aA	14.37bcAB
SQ	12-23	12-23	5.34aA	4.51bB	13.90cB	14.43bcAB
HQ	12-22	12-24	4.46bB	3.91cC	14.96abAB	13.85cB
WM	12-23	12-24	4.24bB	3.66cC	14.04cB	13.77cB

注:同行数据后不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$),不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 不同栽培环境下白菜栽培 30 d 生长状况

2.2.1 不同栽培环境对白菜生长 30 d 形态指标的影响 由图 2 可见,大棚栽培环境昼夜温差大,与对照组相比,SQ 株高显著增加,叶长增加,叶柄长增加,其他指标无显著差异;WM

植株开展度显著低于对照组品种,叶柄长增加,但其他指标无显著差异;HQ 叶宽显著低于对照组品种,其他指标差异不显著。AH 在 2 种栽培环境下各项指标差异不显著。恒温栽培下 WM 株高显著高于其他品种,AH、HQ 叶宽最宽,SQ 叶长显

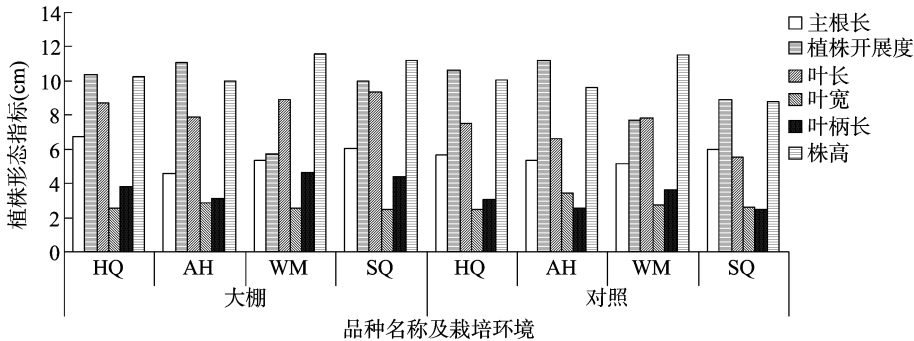


图2 不同栽培环境中白菜各品种栽培 30 d 的形态指标

著低于其他品种。AH 可能是低温处理时间及温度未达到反映水平,SQ 株高的增加可能是由于叶柄伸长。

2.2.2 不同栽培环境对白菜各品种生长 30 d 营养指标的影响 大棚栽培环境下各品种生长 30 d 时经历过 1 个低温时期,1 月 6—8 日连续阴雨,1 月 10 日最低温度 -0.8 ℃。由表 3 可知,大棚环境下不同品种白菜叶绿素含量均较对照组栽培相应品种低,相同栽培环境下 SQ 叶绿素含量极显著高于其他品种,大棚栽培环境下 HQ 叶绿素含量最低。大棚栽培环境下不同品种白菜维生素 C、可溶性糖含量大于对照组栽培各品种,其中大棚栽培环境下 SQ、WM 的维生素 C 含量和可溶性糖含量均极显著高于其他品种。2 种栽培环境不同品种白菜可溶性蛋白含量无显著差异。

2.3 不同栽培环境下不同品种白菜栽培 60 d 生长状况

2.3.1 不同栽培环境对不同品种白菜生长 60 d 形态指标的影响 图 3 表明,2 种栽培环境下 HQ 株高均最高。与对照相比,大棚栽培环境下,SQ 株高下降,WM 升高。2 种栽培环境下,各品种间植株开展度差异均不显著。大棚栽培环境下,

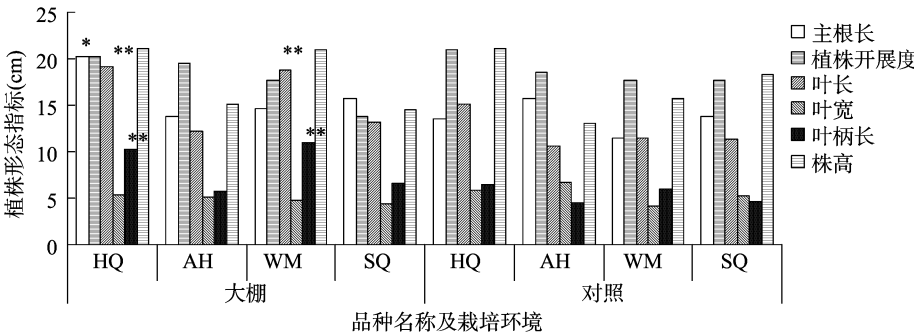


图3 对照组、大棚栽培环境中不同品种白菜栽培 60 d 的形态指标

2.3.2 不同栽培环境对不同品种白菜生长 60 d 营养指标的影响 2014 年 2 月 5—8 日,阴雨雪天气形成低温环境,棚内最低温度 -4.3 ℃。2 月 16 日开始采收,由表 4 可知,对照组栽培环境下 WM 叶绿素含量极显著高于其他品种,大棚栽培环境下 AH 叶绿素含量最低。大棚栽培环境下各品种维生素 C 含量均高于相应的对照组栽培品种,对照组 HQ 维生素 C 含量最低。不同栽培环境下各品种可溶性蛋白含量无显著差异。大棚栽培环境下,AH 可溶性糖含量最高。

2.4 不同栽培环境对栽培 60 d 白菜不同品种生长指标的影响

由表 5 可知,大棚栽培环境下栽培 60 d,AH、HQ、WM 地上鲜质量极显著低于对照组,对照组中 HQ 地上鲜质量极显

表 3 对照组、大棚栽培环境下不同品种白菜生长 30 d 的营养指标

处理	品种	叶绿素含量 (μg/g)	维生素 C 含量 (mg/100 g)	可溶性蛋白含量 (mg/g)	可溶性糖含量 (%)
对照	AH	93.5cC	15.85dD	0.15aA	1.9cC
	SQ	115.5aA	15.28deD	0.16aA	1.9cC
	HQ	81.2dDE	13.4fE	0.15aA	1.8dD
	WM	102.9bB	14.72eDE	0.15aA	2.0cC
大棚	AH	76.8eE	20.94cC	0.16aA	2.1cC
	SQ	113.8aA	27.55aA	0.15aA	3.6aA
	HQ	67.9fF	24.15bB	0.16aA	2.4bB
	WM	83.3dD	27.92aA	0.16aA	3.3aA

注:同列数据后不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。

HQ、WM 的叶长、叶柄长极显著高于其他品种,其余品种间叶长和叶柄长无显著差异。对照组 AH 叶宽于其他品种,大棚栽培环境下 AH 叶宽减少,其他品种差异不显著。大棚栽培环境下 HQ 主根长显著高于其他品种。

表 4 不同栽培环境下不同品种白菜生长 60 d 的营养指标

处理	品种	叶绿素含量 (μg/g)	维生素 C 含量 (μg/g)	可溶性蛋白含量 (mg/g)	可溶性糖含量 (%)
对照	AH	48.5gE	286.0dD	0.22aA	2.5dD
	SQ	120.2cBC	282.5dD	0.22aA	3.3bAB
	HQ	141.0cdC	231.6fF	0.22aA	2.6cdCD
	WM	153.4aA	321.1cC	0.22aA	3.2bB
大棚	AH	77.7eD	352.6bB	0.21aA	3.4aA
	SQ	124.2bB	370.2aA	0.22aA	2.9cC
	HQ	64.3fD	261.4eE	0.22aA	2.9cC
	WM	108.6dC	378.9aA	0.22aA	2.7cCD

表 5 不同栽培环境对生长 60 d 不同品种白菜
生长指标的影响

处理	品种	地上鲜质量 (g)	含水量 (%)	根冠比
对照	AH	69.55aA	68.15cdBC	0.325aA
	SQ	55.73cC	69.26bB	0.245aA
	HQ	71.93aA	87.41aA	0.318aA
	WM	63.08bB	68.51bcBC	0.247aA
大棚	AH	55.83cCD	58.20eD	0.433aA
	SQ	56.34cC	56.75eD	0.383aA
	HQ	51.64cdCD	67.44dBC	0.336aA
	WM	48.95dD	65.86dC	0.346aA

著重于其他品种。对照组不同品种白菜含水量显著高于大棚栽培环境。2 种栽培环境下,HQ 含水量均高于其他品种。2 种栽培环境下,不同品种白菜根冠比无显著差异。

3 结论与讨论

Geoffrey 等研究发现,低温影响蔬菜的生长历期,夜间低温使植株的呼吸作用减弱,进而对蔬菜形态产生影响^[11]。本试验中大棚栽培环境下不同品种白菜发芽时间和长至 4 叶期时间皆长于恒温栽培。生长 30 d,大棚栽培环境下,矮脚黄形态指标变化不大;苏州青株高较恒温栽培增加,叶长、叶柄长增加;上海青叶宽减小,其他形态指标差异不显著;上海五月慢植株开展度降低,叶柄长增加。较恒温栽培相应品种,大棚栽培品种可溶性糖含量增加。各品种间可溶性蛋白含量差异不显著,叶绿素含量略有减少,维生素 C 含量显著升高。梁颖等研究发现,影响油菜经济产量和生物产量的主导因素是叶绿素含量,低温胁迫影响光合系统 I (PS I) 的电子传递,抑制细胞叶绿素合成进而影响光合效率^[12]。低温变温环境中,叶绿素含量直接制约白菜苗期生长时间和形态指标形成。生长至 60 d,大棚栽培环境下品种白菜不同叶宽、开展度、叶长等指标显著低于恒温栽培相应品种。低温、变温环境显著影响白菜的叶柄和叶宽指数,导致叶柄伸长、叶宽减少,叶面积减少。叶面积是保证植株正常生长和产量产出的主要指标^[13-14]。经历 -4.3 ℃ 低温环境,矮脚黄、苏州青叶绿素均高于恒温栽培,其他品种皆低于恒温栽培的相应品种。随着栽培时间的延长,各品种可溶性蛋白含量逐渐升高,但各栽培时期含量无显著差异。这可能是由于大棚环境下低温处理时间短,白菜未能及时合成蛋白^[15]。栽培 60 d,不同白菜品种根冠比无显著差异。2 种栽培环境下,苏州青单株产量差异不显著,其他品种皆低于恒温栽培相应品种。

常规低温、变温大棚冬季栽培中,低温可通过影响叶绿素的合成影响植株形态和后期生长。低温胁迫下,植物细胞在代谢过程中会产生活性氧(reactive oxygen species,ROS),白菜叶绿体中的自由基主要通过抗坏血酸谷胱甘肽(ASA - GSH)循环系统来清除^[16-17]。供试品种皆有一定的低温耐受性,在连续、短时间低温变化环境中可形成高含量的维生素 C。植物营养成分含量与不同播种期、播种密度有关^[18]。设施生产环境中温度是一个连续变化因素,但植物高含量营养

成分与产量可能存在平衡关系,究其采收最佳时期、环境低温范围、低温持续时间有待进一步研究。

参考文献:

[1] 侯喜林,宋小明. 白菜种质资源的研究与利用[J]. 南京农业大学学报,2012,35(5):35-42.

[2] 杜正香,侯瑞贤,李晓峰,等. 白菜抽薹前后的生理生化研究[J]. 上海农业学报,2011,27(1):60-64.

[3] 黄丹枫,张凯. 绿叶蔬菜工厂化生产关键技术研究[J]. 长江蔬菜,2012(12):1-4.

[4] 张真和,鲁波,赵建阳,等. 当代中国蔬菜产业的回顾与展望(下)[J]. 长江蔬菜,2005(6):1-6.

[5] Kalisz A, Kostrzewa J, Sekara A, et al. Yield and nutritional quality of several non-heading Chinese cabbage (*Brassica rapa* var. *chinensis*) cultivars with different growing period and its modeling[J]. Korean Journal of Horticultural Science & Technology, 2012(30):650-656.

[6] Bumgarner N R, Scheerens J C, Kleinhenz M D. Nutritional yield: a proposed index for fresh food improvement illustrated with leafy vegetable data[J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2012,67(3):215-222.

[7] Krishna S N, Marc W. van Iersel. Acclimation of wax begonia to light intensity: changes in photosynthesis respiration and chlorophyll concentration[J]. Amer Soc Hort Sci, 2004,129(5):745-751.

[8] 胡春梅,侯喜林,王旻. 低温胁迫对白菜光合及叶绿素荧光特性的影响[J]. 西北植物学报,2008,28(12):2478-2484.

[9] Fan X X, Zang J, Xu Z G, et al. Effects of different light quality on growth, chlorophyll concentration and chlorophyll biosynthesis precursors of non-heading Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.)[J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2013,35(9):2721-2726.

[10] 胡春梅,侯喜林. 白菜主要营养成分与品种低温耐受性的关系[J]. 南京农业大学学报,2010,33(3):37-41.

[11] Geoffrey R D, Rosemary H C, Indrabrata B. An assessment of the effects of climate change on horticulture[J]. Horticulture, 2014(2):817-857.

[12] 梁颖,李加纳,唐章林,等. 油菜光合生理指标与产量的关联分析[J]. 西南农业大学学报,1999,21(3):244-247.

[13] Cao H X, Zhang C L, Li G M, et al. Researches of optimum leaf area index dynamic models for rape (*Brassica napus* L.)[J]. Computer and Computing Technologies in Agriculture II, 2008(3):1585-1595.

[14] 朱月林,曹寿椿. 致死低温确定法的改进及其在白菜上的验证[J]. 园艺学报,1998,15(1):51-56.

[15] 王文杰,张国凤,李军,等. 低温胁迫对叶菜类观赏蔬菜抗寒性生理指标的影响[J]. 山东农业大学学报:自然科学版,2012,43(3):347-354.

[16] 方学智,朱祝军,孙光闻. 不同浓度 Cd²⁺ 对小白菜生长及其抗氧化系统的影响[J]. 农业环境科学学报,2004,23(5):877-880.

[17] 闫慧芳,毛培胜,夏方山. 植物抗氧化剂谷胱甘肽研究进展[J]. 草地学报,2013,21(3):428-434.

[18] 雷波,严妍,汪力威,等. 不同播种期对水培生菜产量和品质的影响[J]. 长江蔬菜,2010(24):49-52.