

霸惠惠,王莹,张刘东,等. 不同水肥处理对生姜生理生长指标的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(5):132-137.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.05.028

# 不同水肥处理对生姜生理生长指标的影响

霸惠惠,王莹,张刘东,王龙

(云南农业大学水利学院,云南昆明 650201)

**摘要:**为研究不同生育期水肥因素对生姜生长指标、光合作用和水分生产效率的影响,以云南小黄姜为试材,对生姜不同生育期(发棵期和根茎膨大期)进行灌水处理和施肥处理设计试验,通过测定生姜的株高、分枝数和茎粗、光合等数据,分析其响应规律。结果表明,施肥量相同时,适当的水分亏缺有利于生姜的生长;含水量相同时,高肥会使得生姜的植株较高、分枝数较多、茎粗较粗,低肥处理呈相反结果;灌溉水量对光合作用的影响大于施肥定额的影响。在发棵期,灌水上下限为田间持水量的 60%~80%,施肥(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 含量均为 15% 的复合肥)300 kg/hm<sup>2</sup> 的生姜分枝数和茎粗略高于其他处理,叶片的光合速率最高,在此条件下的产量和水分生产效率分别为 2 737.37 kg/hm<sup>2</sup> 和 3.76 kg/m<sup>3</sup>,有利于生姜生长。

**关键词:**生姜;灌溉;施肥;生长指标;光合速率;水分生产效率

**中图分类号:** S632.506;S632.507 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)05-0132-05

中国是世界上生姜种植面积最大、产量最多的国家之一。生姜作为云南省主要经济作物之一,种植范围广。近年来,国内外生姜市场竞争日益激烈,水肥不足及其利用率低等问题严重制约生姜生产的可持续性。生姜对土壤的水肥条件要求较高,其产量的高低受水肥管理影响较大,为提高产量,前人对生姜水肥进行了大量的研究。徐坤等研究表明在适宜水分条件下最有利于生姜的生长及光合作用的进行<sup>[1-2]</sup>;滴灌减量施肥较常规灌溉施肥更利于提高生姜产量和水分利用率<sup>[3-4]</sup>,滴灌增肥可使烤烟的产量有所增加,提高肥料利用率和烟叶品质<sup>[5]</sup>;生物有机肥可缓解肥料对土壤造成的危害,改善土壤结构,提高肥料利用率,既增产又提高作物的品质<sup>[6-7]</sup>;李建明等研究表明水肥通过影响作物的光合作用进而对其产量与水分利用率产生影响,它们之间具有相互影响、相互制约的关系<sup>[8]</sup>;周振江等研究表明不施氮肥的条件下,提高灌水量有利于增加番茄叶片光合速率,但在施肥量较高的条件下,灌水量对番茄叶片光合速率影响较小;合理的水肥管理才能提高叶片的光合速率<sup>[9]</sup>。水肥

管理对作物产量和水分利用效率的影响研究较多集中在小麦、水稻等粮食作物<sup>[10-12]</sup>,而对生姜等蔬菜作物的研究较少。目前,对云南生姜的研究也是大多集中于其发展现状及其生产模式的探索<sup>[13-14]</sup>,很少涉及水肥管理方向,因此本研究通过探讨水肥条件对生姜生理生长的影响,以为云南生姜高效水肥管理提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验设计

试验于 2018 年在云南农业大学灌溉实验站进行,位于 102.752°E,25.131°N,海拔 1 935 m。试验所选姜种为本地小黄姜,生姜在 3 月底催芽,4 月下旬种植,11 月中旬收获。本次试验土壤为红壤土,pH 值介于 5.0~7.5 之间,采用环刀法测定土壤田间持水量为 31.8%,容重 1.21 g/cm<sup>3</sup>。试验前 0~10 cm 土层中全氮含量为 1 800 mg/kg,硝态氮含量为 253.8 mg/kg,铵态氮含量为 53.1 mg/kg。生姜种植株行距为 20 cm×30 cm,种植方式为矩形钢槽种植,钢槽尺寸为 50 cm×100 cm×35 cm,底座有 4 个轮子,方便来回推拉。试验环境采用避雨处理。

试验设 6 组水肥处理。以土壤水分为控制指标,当土壤含水量达到灌水下限则灌水至上限,不同处理生育期结束时测产。试验肥料为尿素和复合肥,尿素作为幼苗期基肥使用,复合肥(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 含量均为 15%)作为发棵期追肥(8 月初)和旺

收稿日期:2019-12-23

基金项目:国家自然科学基金(编号:51669035)。

作者简介:霸惠惠(1995—),女,河北衡水人,硕士研究生,主要从事节水灌溉理论及技术研究。E-mail:1291879158@qq.com。

通信作者:王莹,副教授,主要从事节水灌溉理论及灌区水管理研究。E-mail:ying\_wang\_ynau@sina.com。

盛生长期追肥(9月中旬)使用。试验具体水肥控制指标见表1。管理方法按照常规措施进行。

表1 不同生育期水肥处理方案

处理	水肥指标	幼苗期	发棵期	旺盛生长期
控 I (高水高肥)	灌水上限	70%	80%	80%
	灌水下限	80%	100%	100%
	施肥量	450	300	600
控 II (高水低肥)	灌水上限	70%	80%	80%
	灌水下限	80%	100%	100%
	施肥量	450	150	300
控 III (发棵期低水高肥)	灌水上限	70%	60%	80%
	灌水下限	80%	80%	100%
	施肥量	450	300	600
控 IV (发棵期高水低肥)	灌水上限	70%	60%	80%
	灌水下限	80%	80%	100%
	施肥量	450	150	300
控 V (旺盛生长期低水高肥)	灌水上限	70%	80%	60%
	灌水下限	80%	100%	80%
	施肥量	450	300	600
控 VI (旺盛生长期高水低肥)	灌水上限	70%	80%	60%
	灌水下限	80%	100%	80%
	施肥量	450	150	300

注:“%”指田间持水量的百分数;无%数字为施肥量,单位 kg/hm<sup>2</sup>;于根茎休眠期收获。

## 1.2 测定方法

生姜齐苗后,在不同生育期,选择晴朗天气 09:00 左右用 CIRAS - I 型便携式光合测定系统测定植株枝叶的光合参数。

盆栽通过 TZS - I 型 TDR 土壤水分测定仪每天监测土壤含水量,测定土层为 0 ~ 10、10 ~ 20、20 ~ 30 cm,并定期用烘干法校核 TDR 土壤水分测定仪的数据。

作物水分生产效率是指农业生产水平基本一致的情况下,作物所消耗的水资源量与作物产量之间的关系,是衡量节水灌溉与农业高效发展的重要指标之一。

$$K = Y_a / M. \quad (1)$$

式中:K 为水分生产效率(kg/m<sup>3</sup>);Y<sub>a</sub> 为作物实际产量(kg/hm<sup>2</sup>);M 为灌溉用水量(m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)。

## 2 结果与分析

### 2.1 水分对生姜生长指标的影响

为研究施肥定额一定的条件下不同水分处理对生姜生长指标的影响,选用控 I、控 III 和控 V 这 3 种高肥处理进行阐明。由图 1 - a 可见,不同水分处理下各处理的株高差异较小,控 I 的株高最高,控

III 和控 V 的株高都较控 I 有所减小,分别减小 7.7% 和 4.4%。图 1 - b 显示,控 I 的分枝数最少,控 III 和控 V 的分枝数较控 I 分别增长 20% 和 10%。图 1 - c 表明,控 I 的茎粗最细,控 III 和控 V 的茎粗较控 I 分别增长 20.5% 和 10.2%。不同水分处理对生姜株高、分枝数和茎粗具有一定的影响,但在生姜生长前期,不同水分处理对生姜的株高、茎粗、分枝数的影响表现不明显,而随着生长的进行,至 10 月底收获时,差异逐渐增大。

为研究施肥定额一定的条件下不同水分处理对生姜生长指标的影响,选用控 II、控 IV 和控 VI 这 3 种低肥处理进行阐明。图 2 - a 显示,各处理的株高差异较小,控 II 的株高最高,控 IV 和控 VI 的株高都较控 II 有所减小,分别减小 9.1% 和 6.8%。图 2 - b 显示,控 II 的分枝数最少,控 IV 和控 VI 的分枝数较控 II 均增长 11.1%。图 2 - c 表明,控 II 的茎粗最细,控 IV 和控 VI 的茎粗较控 II 分别增长 17.1% 和 9.2%。生姜根茎由分枝基部膨大而成的姜球组成,茎粗和分枝数的多少与生姜的产量呈显著正相关。生姜生长前期,各处理差异不明显,进入旺盛生长期,各处理差异显著。

2 组数据说明在施肥定额一定的情况下,生姜

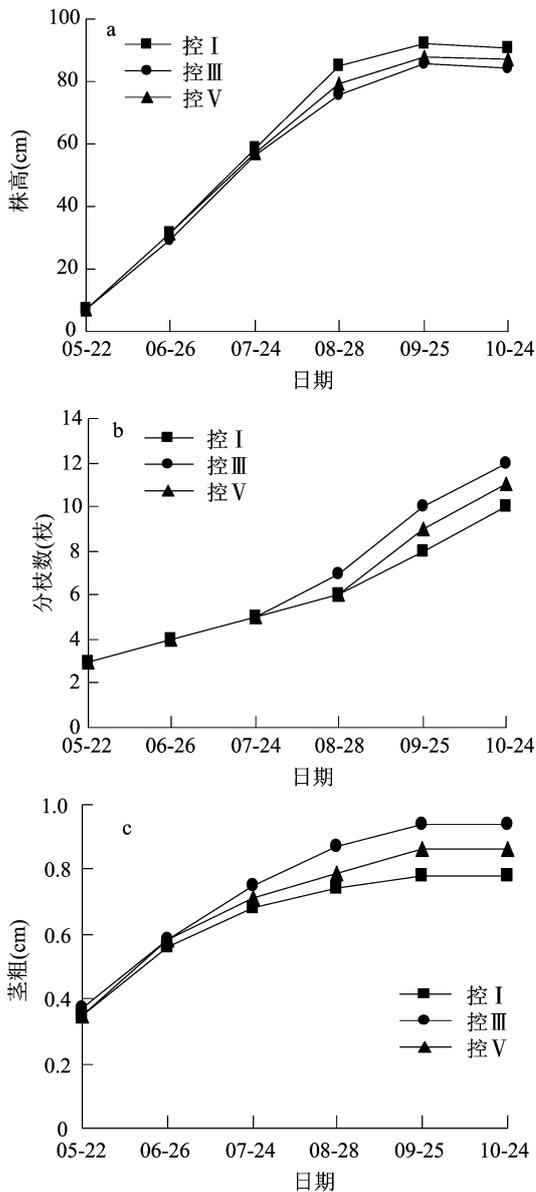


图1 高肥条件下不同水分处理生姜生长指标的变化

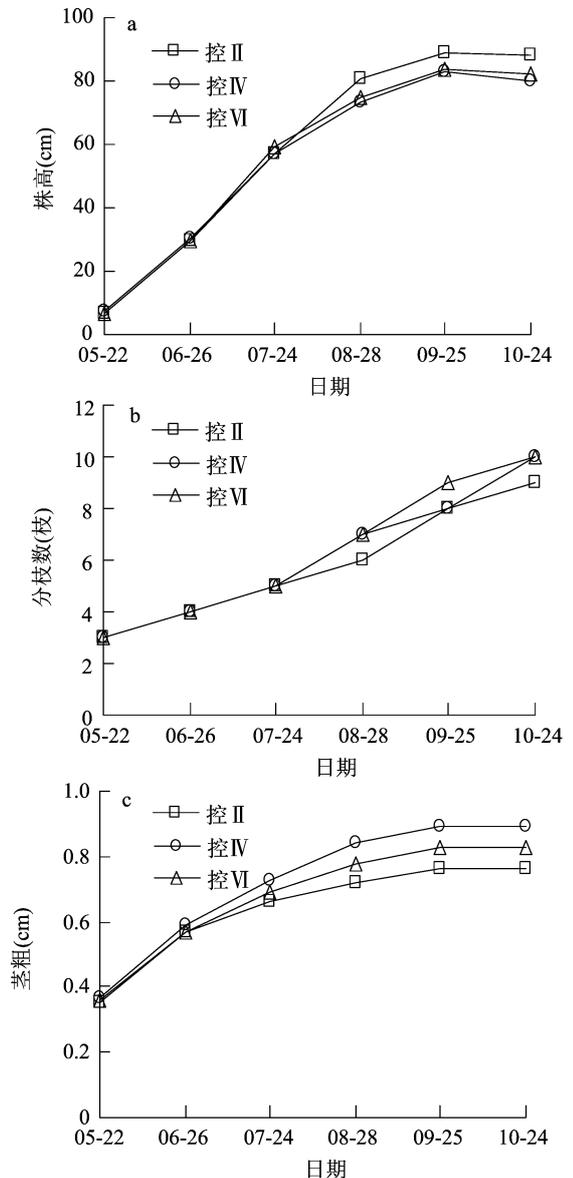


图2 低肥条件下不同水分处理生姜生长指标的变化

的株高、分枝数和茎粗随生育期水分亏缺而出现不一致,株高表现为水分充足的高于发棵期和旺盛生长期亏水的,而茎粗和分枝数与株高呈相反的结果,发棵期亏水的茎粗和分枝数略高于旺盛生长期的,说明水分胁迫可以提高生姜植株的分枝数和茎粗,为高产提供基础。

## 2.2 施肥对生姜生长指标的影响

为研究不同生育期灌溉上下限相同的条件下不同施肥处理对生姜生长指标的影响,对6组处理(控 I 和控 II、控 III 和控 IV、控 V 和控 VI)进行比较。图3-a显示,不同施肥处理下,各处理的株高差异较小,控 I 的株高较控 II 有所增长,株高为控 II 的103.4%;控 III 的株高较控 IV 有所增长,株高为控 IV

的105%;控 V 的株高较控 VI 有所增长,增长6.1%。图3-b显示,控 I 的分枝数比控 II 的分枝数多1枝;控 III 的分枝数比控 IV 的分枝数多2枝;控 V 的分枝数比控 VI 的分枝数多1枝。图3-c显示,控 I 的茎粗较控 II 有所增长,为控 II 茎粗的102.6%;控 III 的茎粗明显高于控 IV,为控 IV 茎粗的105.6%;控 V 的茎粗较控 VI 增长3.6%。

3组数据分析表明,在不同生育期灌溉上下限相同的条件下,高肥与低肥都将影响生姜的分枝数和茎粗,低肥会使生姜的植株矮小、分枝数较少、茎粗较细,而高肥则与其呈相反结果。生姜分枝基部膨大而成的姜球组成了生姜的产品器官根茎,分枝数的多少与生姜的产量呈显著正相关。因此高肥

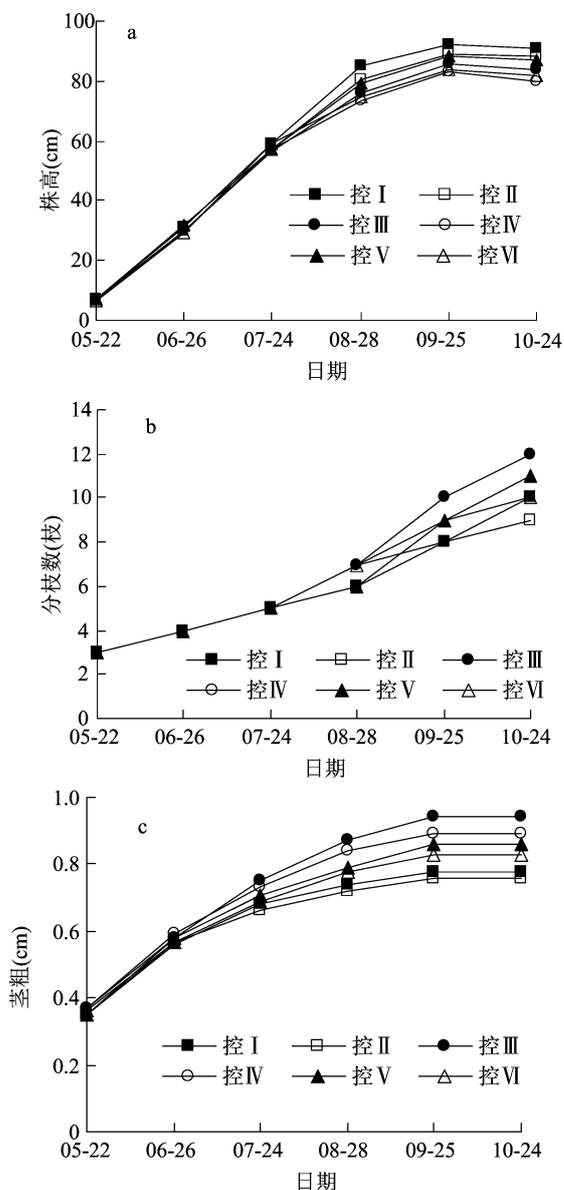


图3 不同施肥处理生姜生长指标的变化

较低肥更有利于生姜生长。

### 2.3 水分对生姜光合作用的影响

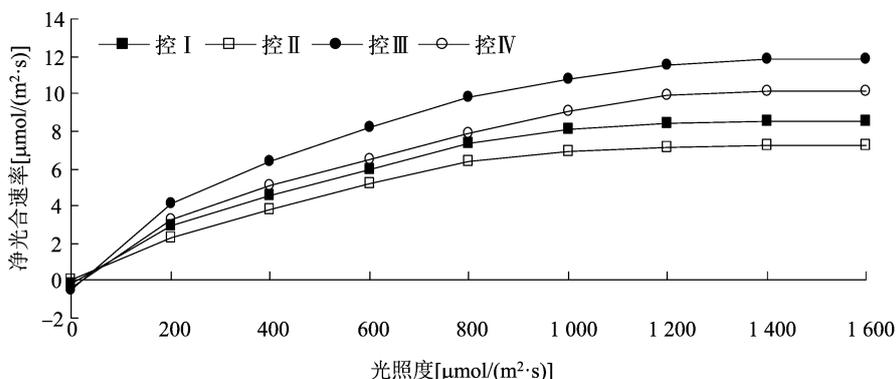


图4 肥量相同、含水量不同对生姜光合作用的影响

由于在生姜的发棵期进行了光合的测定,在幼苗期和发棵期控 I 与控 V、控 II 与控 VI 的处理条件相同,因此为研究施肥定额一定的条件下不同水分处理对生姜光合作用的影响,只对 4 组处理(控 I 和控 III、控 II 和控 IV)进行比较,控 I、控 II、控 III 和控 IV 的净光合速率分别为 8.5、7.2、11.8、10.1  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,控 III 的净光合速率最大,控 II 的净光合速率最小,控 I 较控 III 低 27.9%;控 II 较控 IV 低 28.7%。结果表明,在施肥定额一定的条件下,适当的水分胁迫可提高生姜叶片的光合作用。

### 2.4 施肥对生姜光合作用的影响

为研究不同生育期灌溉上下限相同的条件下不同施肥处理对生姜生长指标的影响,对 4 组处理(控 I 和控 II、控 III 和控 IV)进行比较。从图 4 可直观看出,净光合速率随着光照度的增加而呈持续增加的状态,控 I 和控 II 大约在 800  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  以下净光合速率为近乎直线增加,控 III 和控 IV 的净光合速率大约在 1000  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  以下随着光照度的增加而呈直线增加的形式。控 I、控 II、控 III 和控 IV 净光合速率分别为 8.5、7.2、11.8、10.1  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,控 III 的净光合速率最高,控 II 的净光合速率最低,控 II 较控 I 低 14.4%,控 IV 较控 III 低 15.3%。数据表明,在土壤含水量一致的情况下,施肥量的多少将影响生姜叶片的光合速率,施肥量高的对生姜的光合强度有一定的促进作用,施肥过低将对生姜叶片的净光合速率有所减弱。

有研究表明,水分和肥料都将影响作物叶片的色素含量及光合速率,进而对其产量和水分利用率造成影响。李邵等的研究表明,水肥耦合对黄瓜的产量和光合速率有显著的影响,在土壤水分一定的条件下,随着施肥水平的提高,黄瓜的产量和光合速率都有显著增加<sup>[15]</sup>。在同一肥料水平条件下,黄

瓜的产量与生长速率随着土壤含水量的增加而增加;施用肥料能促进作物根系发育,扩大作物觅取水分和养分的土壤空间,根系活性增强,作物吸收土壤水分的能力提高,从而提高作物的光合速率。本试验结果表明,不同水肥处理,灌溉水量对光合作用的影响大于肥量的影响,在发棵期,灌水上下限为田间持水量的60%~80%,施肥300 kg/hm<sup>2</sup>的生姜叶片的光合速率最高,可能由于在水分适中的情况下有利于打开气孔,在水分适宜的条件下高施肥有利于提高叶绿素含量<sup>[16]</sup>。水肥处理对作物光合作用的影响有些复杂,有待进一步研究。

### 2.5 水肥处理对生姜水分生产效率的影响

水分是作物生长发育的主要生态与环境因素。水分的多少与作物生长发育的整个过程有着密切的关系,最终影响作物的产量。水分生产效率反映了水量投入产出的效率,是衡量节水灌溉与农业高效发展的重要指标之一。

不同水肥处理对生姜水分生产效率的影响见表2,控I与控II为充分灌溉处理,控III、控IV、控V和控VI都为控制灌溉处理,故控I与控II的灌溉水量都高于控III、控IV、控V和控VI的灌溉水量。在施肥定额一定的条件下,不同水分处理的产量为控III>控V>控I和控IV>控VI>控II;在不同生育期灌溉上下限相同的条件下,不同施肥处理的产量为控I>控II、控III>控IV和控V>控VI,施高肥比施低肥的产量分别增长7.28%、10.02%和7.24%。在施肥定额一定的条件下,不同水分处理的水分生产效率控III>控V>控I和控IV>控VI>控II,控III和控V的水分生产效率分别比控I高39.8%和34.2%,控IV、控VI的水分生产效率分别比控II的高36.2%和35%。在不同生育期灌溉上下限相同的条件,不同施肥处理的产量为控I>控II、控III>控IV和控V>控VI,施高肥比施低肥的水分生产效率分别增长9.3%、12.2%和8.7%。有研究表明高肥高水处理可以提高作物的产量<sup>[17-18]</sup>,也有研究认为中肥中水才是理想中的水肥处理模式。试验结果表明,在施肥定额一定的条件下,控制灌溉的产量和水分生产效率较水分充分的有所增长,在不同生育期灌溉上下限相同的条件下,施高肥的产量和水分生产效率较施低肥的有所增长。

### 3 结论

在施肥定额一定的条件下,生姜的株高、分枝

表2 不同水肥处理对生姜水分生产效率的影响

处理	需水量 (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	水分生产效率 (kg/m <sup>3</sup> )
控I	807.19	2 171.49	2.69
控II	822.76	2 024.21	2.46
控III	728.51	2 737.37	3.76
控IV	742.85	2 488.04	3.35
控V	735.01	2 654.53	3.61
控VI	744.84	2 475.24	3.32

数和茎粗随生育期水分亏缺而出现不一致,株高表现为水分充足的高于生育期亏水的,而茎粗和分枝数与株高呈相反的结果,发棵期亏水的茎粗和分枝数略高于旺盛生长期的,生育期水分亏缺的产量和水分生产效率都比水分充足的有所提高。因此适当的水分亏缺有利于生姜生长。

在含水量一定的条件下,高肥与低肥都将影响生姜的分枝数和茎粗,最终影响生姜的产量和水分生产效率,低肥使得生姜植株矮小、分枝数较少、茎粗较细,高肥处理呈相反结果。因此高肥较低肥更有利于生姜生长。

不同水肥处理灌溉水量对光合作用的影响大于施肥定额的影响,在发棵期,灌水上下限为田间持水量的60%~80%,施肥300 kg/hm<sup>2</sup>的生姜叶片的光合速率最高,在此条件下的产量和水分生产效率分别为2 737.37 kg/hm<sup>2</sup>和3.76 kg/m<sup>3</sup>,有利于生姜生长。

### 参考文献:

- [1]徐坤,邹琦,赵燕.土壤水分胁迫与遮荫对生姜生长特性的影响[J].应用生态学报,2003,14(10):1645-1648.
- [2]李录久,刘荣乐,陈防,等.不同氮水平对生姜产量和品质及氮素吸收的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(2):382-388.
- [3]冯志文,康跃虎,万书勤,等.滴灌施肥下不同栽培模式对马铃薯生长和水肥利用的影响[J].节水灌溉,2016(8):23-26.
- [4]刘虎成,徐坤,张永征,等.滴灌施肥技术对生姜产量及水肥利用率的影响[J].农业工程学报,2012,28(增刊1):106-111.
- [5]刘毅,申昌优,肖先仪,等.水肥耦合对旱地烟生长、产量、品质及肥料利用率的影响[J].江西农业学报,2012,24(6):100-102.
- [6]张淑红,于秀智,张恩平,等.长期偏施氮肥及与磷钾肥配施对番茄光合特性及产量的影响[J].西南农业学报,2016,29(4):859-863.
- [7]张奇,张振华,刘丽珠,等.增施有机肥对黄泛冲积区贫瘠土壤养分和玉米产量的影响[J].江苏农业科学,2019,47(17):271-276.

许俊齐,贾君,徐超,等. 响应面法优化野生白灵菇菌丝生长条件[J]. 江苏农业科学,2020,48(5):137-142.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.05.029

# 响应面法优化野生白灵菇菌丝生长条件

许俊齐,贾君,徐超,凡军民,谢春芹,曹森,魏壮壮

(江苏农林职业技术学院茶与食品科技学院,江苏句容 212400)

**摘要:**以新疆维吾尔自治区塔城县野生白灵菇为研究对象,探讨其菌丝培养阶段 pH 值、温度、碳源、氮源、碳氮比(C/N)对野生白灵菇菌丝生长特性的影响。结果表明,pH 值为 6.5~7.5 条件下,白灵菇菌丝生长速度保持在相对较高水平,培养温度为 24~26 ℃ 较利于白灵菇菌丝的生长;白灵菇菌丝培养良好的碳源为蔗糖、麦芽糖,氮源为蛋白胨、酵母浸膏;培养基中,C/N 为 20:1 时,菌丝生长速度相对最快。根据 Box-Behnken 中心组合试验原理,设计 3 因素 3 水平响应面法对白灵菇菌丝生长条件进行优化,结果表明,菌丝生长较优的条件为温度 24 ℃、pH 值 6.5、碳氮比 21:1,此条件下白灵菇菌落直径为 58.13 mm,菌丝生长速度为 4.79 mm/d,与预测值相符。

**关键词:**白灵菇;菌丝特性;温度;碳氮比;pH 值;响应面法

**中图分类号:**S646.1<sup>+</sup>40.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)05-0137-06

白灵菇(*Pleurotus nebrodensis*)别称天山白灵芝,担子菌纲伞菌目侧耳科侧耳属(*Pleurotus*)真菌<sup>[1]</sup>,子实体通体洁白,菇体肥大,盖厚柄粗,脆嫩可口,质地密实,香味浓郁,具有药用和保健功能。白灵菇营养丰富,人体必需的 8 种氨基酸含量相对较高,占其总氨基酸含量的 35%,对提高人体非特异性免疫功能具有良好的促进作用,是一种珍稀的天然保健食品<sup>[2-7]</sup>,存在较好的市场潜力和经济效益。

白灵菇在我国仅分布于新疆维吾尔自治区的干旱沙漠地区,故又有“天山神菇”“西天白灵菇”之称<sup>[8-9]</sup>,其中,新疆塔城县白灵菇具有朵型大、颜色洁白、产量高等特点。本试验以新疆塔城县白灵菇菌种为对象,探讨其菌丝培养条件及生长特性,以选育出适合江苏地区产业发展的菌株,增加江苏白灵菇品类,并改进其现有栽培技术,为新疆白灵菇的成功引种奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 供试菌种 白灵菇菌种,由新疆维吾尔自治区塔城县白灵菇种植基地提供。

1.1.2 仪器与设备 JA2003 型电子天平,上海天平仪器厂生产;美的(Midea)WK2102 型电磁炉,美

收稿日期:2019-01-24

基金项目:江苏农林职业技术学院科技项目——现代园艺工程技术中心平台建设(编号:2014KJ26)。

作者简介:许俊齐(1986—),男,陕西西安人,硕士,实验师,从事农产品加工及贮藏技术研究。E-mail:wzajurong@163.com。

通信作者:贾君(1966—),博士,教授,从事食品质量分析、农产品质量评价及加工研究。E-mail:772805883@qq.com。

[8]李建明,潘铜华,王玲慧,等. 水肥耦合对番茄光合、产量及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2014,30(10):82-90.

[9]周振江,牛晓丽,李瑞,等. 番茄叶片光合作用对水肥耦合的响应[J]. 节水灌溉,2012(2):28-32,37.

[10]戴相林,马瑞萍,廖文华,等. 不同土壤含水量下施氮量及施氮时期对西藏春小麦农艺性状和产量的影响[J]. 西南农业学报,2017,30(6):1382-1389.

[11]武继承,杨永辉,郑惠玲,等. 水肥互作对小麦-玉米周年产量及水分利用率的影响[J]. 河南农业科学,2015,44(7):67-72.

[12]何军,崔远来,张大鹏,等. 不同水肥耦合条件下水稻干物质积累与分配特征[J]. 灌溉排水学报,2010,29(5):1-5.

[13]中国刚. 罗平小黄姜产业发展现状及对策[J]. 云南农业,2016

(12):61-63.

[14]张美玲,雷丽仙,雷元宽,等. 生姜-油菜生产模式在云南罗平县的示范效果解析[J]. 中国种业,2017(8):45-46.

[15]李邵,薛绪掌,郭文善,等. 水肥耦合对温室盆栽黄瓜产量与水分利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(2):376-381.

[16]高静,梁银丽,贺丽娜,等. 水肥交互作用对黄土高原南瓜光合特性及其产量的影响[J]. 中国农学通报,2008(5):250-255.

[17]程福厚,苑春华,张纪英,等. 施肥和灌水对核桃产量和生长的影响[J]. 中国农学通报,2012,28(1):269-272.

[18]吕清海. 不同水肥供应水平下温光对番茄生长及产量和水肥利用率的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2019.