

刘红超,宋 涛,张朝春.食用百合产量影响因素的整合分析[J].江苏农业科学,2021,49(12):90-94.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.12.014

# 食用百合产量影响因素的整合分析

刘红超,宋 涛,张朝春

(中国农业大学资源与环境学院,北京 100193)

**摘要:**食用百合的产量受到种植区域、土壤 pH 值、肥料种类和用量、覆膜与否等因素的影响,目前已有的研究更多是针对单个因素,缺乏将这些单因素整合在一起进行综合分析的研究,从而无法为食用百合种植区的科学管理与合理施肥提供理论依据。通过搜集 2019 年 12 月 31 日以前国内外 32 篇食用百合大田试验相关文献,建立食用百合产量数据库,应用整合分析方法、主成分分析方法,探究不同因素对食用百合产量的综合效应及影响。结果显示,当 pH 值  $<7$  时,食用百合的平均产量为  $12\,122\text{ kg/hm}^2$ ,当 pH 值  $\geq 7$  时,食用百合的平均产量为  $19\,991\text{ kg/hm}^2$ ,随着土壤的 pH 值升高,食用百合的产量逐渐增加。就地域分布而言,河北地区食用百合种植区的平均产量为  $26\,022\text{ kg/hm}^2$ ,浙江地区食用百合的平均产量为  $10\,327\text{ kg/hm}^2$ ,湖南地区食用百合的平均产量为  $15\,198\text{ kg/hm}^2$ ,甘肃、宁夏地区食用百合的平均产量为  $18\,189\text{ kg/hm}^2$ ,河北、甘肃、宁夏地区食用百合的平均产量高于浙江、湖南地区。对有机肥与无机肥配施和单施无机肥 2 种不同施肥类型下食用百合的产量进行对比分析发现,有机肥与无机肥配施获得的食用百合平均产量为  $14\,458\text{ kg/hm}^2$ ,单施无机肥处理的食用百合平均产量为  $20\,689\text{ kg/hm}^2$ ,有机肥与无机肥配施的食用百合平均产量低于单施无机肥处理。在覆膜条件下食用百合的平均产量为  $23\,559\text{ kg/hm}^2$ ,不覆膜条件下食用百合的平均产量为  $16\,866\text{ kg/hm}^2$ ,与不覆膜处理相比,覆膜处理显著提高了食用百合的鳞茎产量,其提高幅度为  $39.7\%$ 。施肥量与食用百合产量呈极显著的线性相关关系,随着施肥量的增加,食用百合产量不断增加,相较于氮肥与钾肥,磷肥与食用百合产量之间的关系更为密切,磷肥是影响食用百合的一个主要因素。由结果可以看出,食用百合适宜生长在 pH 值为中性、弱碱性的石灰性土壤上,单施无机肥、适当增施磷肥并覆膜有利于食用百合增产。

**关键词:**食用百合;产量;土壤 pH 值;种植区域;施肥量;覆膜

**中图分类号:** S644.104 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)12-0090-05

随着食用百合种植技术的不断完善,种植食用百合的经济效益越来越好,全国的食用百合种植面积及产量逐渐增加<sup>[1]</sup>。在食用百合种植过程中,种植区域、土壤 pH 值、施肥类型、覆膜与否及施肥量等因素都会影响食用百合的产量。近年来,由于食用百合在生产管理等方面的不合理,导致土壤肥力下降<sup>[2]</sup>,土壤板结,通气性和保水性降低,水热气调节不充分,严重影响了食用百合的产量<sup>[3]</sup>。在施肥方面,农户为了追求更高的食用百合产量,偏施氮肥且不注重磷钾肥的施用,导致土壤酸化,对土壤、环境造成了严重的负面影响<sup>[4]</sup>。由此可见,科学合理的种植与施肥不仅能够提高作物产量,而且能够

减少肥料的损失<sup>[5]</sup>,进而实现食用百合产业的可持续生产。前人研究发现,作物生长需要土壤有着较强的供给养分的能力,土壤的养分环境和合理施肥就变得尤为重要<sup>[6]</sup>,而适量施肥可以提高作物产量<sup>[7]</sup>。前人研究发现,食用百合在生长发育过程中对氮肥、钾肥的需求量比较高,对龙牙百合施肥量的研究结果表明,施用氮、磷、钾肥的比例以  $1.0:0.8:1.0$  为宜<sup>[8]</sup>。高金玉在探究土壤 pH 值对 4 种百合生长及生理特性的影响时发现,土壤的酸碱性对百合生长的影响较大<sup>[9]</sup>。食用百合的生长需要适宜的土壤含水量及土壤温度,黄鹏认为,适宜的土壤含水量及土壤温度可以促进食用百合鳞茎的膨大,有利于食用百合产量的提高<sup>[10]</sup>。杨雨华等通过探究覆膜对食用百合产量的影响,发现在半干旱地区种植食用百合,生育期内较低的土壤含水量及土壤温度是兰州百合优质高产的限制性因素,而通过覆膜能够更好地解决食用百合生育期内的水分胁迫和温度胁迫问题,提高食用百合的

收稿日期:2020-10-02

基金项目:北京市农业科技项目(编号:20190304)。

作者简介:刘红超(1997—),男,河北唐山人,硕士研究生,主要从事养分资源管理研究。E-mail:lhc19970114@163.com。

通信作者:张朝春,博士,副教授,主要从事作物间套作研究。

E-mail:zhangcc@cau.edu.cn。

产量<sup>[11]</sup>。

以往对食用百合的高产高效的研究主要从单一因素试验的角度出发,由于管理方式、生长环境条件及栽培种植技术的不同,缺乏普遍的指导意义,本研究拟通过搜集我国主要食用百合种植区的相关文献,提取食用百合产量、土壤肥力、管理措施、施肥方式、施肥量等数据,结合整合分析方法对多个研究结果进行综合分析<sup>[12-14]</sup>,从全国尺度探究种植区域、土壤 pH 值、施肥类型、覆膜与否及施肥量对食用百合产量的影响,进而探究影响食用百合产量的关键因素。本研究运用整合分析方法,通过搜集 32 篇文献中的大田试验数据,分析种植区域、土壤 pH 值、施肥类型、覆膜与否及施肥量对食用百合产量的影响,以期对食用百合种植区的科学管理与合理施肥提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

本研究收集的数据来源于中国知网和 Web of Science 文献数据库。利用中国知网检索主要关键词百合、施肥和产量,在 Web of Science 文献数据库中,检索式为(“lily” OR “Lilium \*”) AND “Yield” AND (“Nitrogen ” OR “ Phosphorus ” OR “Potassium”)。筛选出 2019 年 12 月 31 日以前国内外关于食用百合产量的文献,提取施肥处理、种植区域、栽培措施、土壤基本理化性质及食用百合产量等数据。文献筛选有以下标准:(1)必须是田间试验,不包括培养皿营养液培养、盆栽等室内试验;(2)文献中包含施肥或者栽培方式对食用百合产量或品质的影响;(3)必须有食用百合产量、施肥量 2 个指标中的 1 个。检索发现,中国知网中共有 45 篇文献,Web of Science 文献数据库中共有 86 篇文献。由上述标准对中国知网中的 45 篇文献进行进一步筛选,确定 31 篇文献,对 Web of Science 文献数据库中的 86 篇文献进行再次筛选,排除同属百合科作物而非食用百合的文献,确定 1 篇文献。最终符合条件的文献共有 32 篇,其中中文文献 31 篇,英文文献 1 篇。

### 1.2 数据库的构建和数据分类

用于整合分析的每项研究都要求是独立的<sup>[15]</sup>,假设每个独立研究中的不同地点、施肥种类、施肥方式、栽培方式及其他处理的复合处理等观测值都是独立的<sup>[16-17]</sup>。本研究综合考虑全国不同食用百合种植区域、施肥量、施肥类型、土壤 pH 值(<7、

≥7)及田间措施(覆膜、不覆膜)对食用百合产量的影响;提取每篇文献中食用百合的产量、土壤的基本理化性质、施肥量、施肥类型(单施无机肥、有机无机配施)、栽培措施、栽植密度等数据。其中食用百合产量为当季收获的食用百合鳞茎的实际产量,施肥情况主要包括每一季作物的有机肥、化肥施用量、肥料品种等,土壤理化性状主要包括土壤有机质含量、全氮含量、有效磷含量、速效钾含量、缓效钾含量、土壤 pH 值、质地等。对于以图的形式发表的文献,通过 Getdata 软件将图中的数据转化成数值后再提取。

### 1.3 数据分析

本研究采用产量均值作为效应量来表示不同因素对食用百合产量的影响。为了进一步探究施肥量与食用百合产量之间的关系,对施肥量与食用百合产量进行回归分析。由于分类较多,且影响因素比较复杂,因此未考虑各因素间的交互作用<sup>[18]</sup>。用主成分分析方法对不同影响因素进行分析,进而来反映各因素起主导作用的综合指标。数据处理和图形制作采用 Excel 2003 与 R 语言(3.6.3)软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤 pH 值及种植区域分布对食用百合产量的影响

由图 1-a 可以看出,不同土壤 pH 值对食用百合的产量有显著影响。当 pH 值<7 时,食用百合的平均产量为 12 122 kg/hm<sup>2</sup>;当 pH 值≥7 时,食用百合的平均产量为 19 991 kg/hm<sup>2</sup>,后者比前者高 64.9%。

通过将不同种植地区的食用百合产量进行比较发现,食用百合的产量间表现出类似的显著性。从图 1-b 可以看出,浙江地区食用百合的平均产量为 10 327 kg/hm<sup>2</sup>,湖南地区食用百合的平均产量为 15 198 kg/hm<sup>2</sup>,河北地区食用百合的平均产量为 26 022 kg/hm<sup>2</sup>,甘肃、宁夏地区食用百合的平均产量为 18 189 kg/hm<sup>2</sup>,河北地区食用百合产量与浙江、湖南、甘肃、宁夏等地区食用百合产量间的差异显著,甘肃、宁夏地区食用百合的平均产量略高于浙江、湖南地区,而浙江、湖南地区食用百合的平均产量差异不显著。

### 2.2 有机-无机肥配施及覆膜对食用百合产量的影响

由图 2-a 可以看出,施肥方式和覆膜在提高食

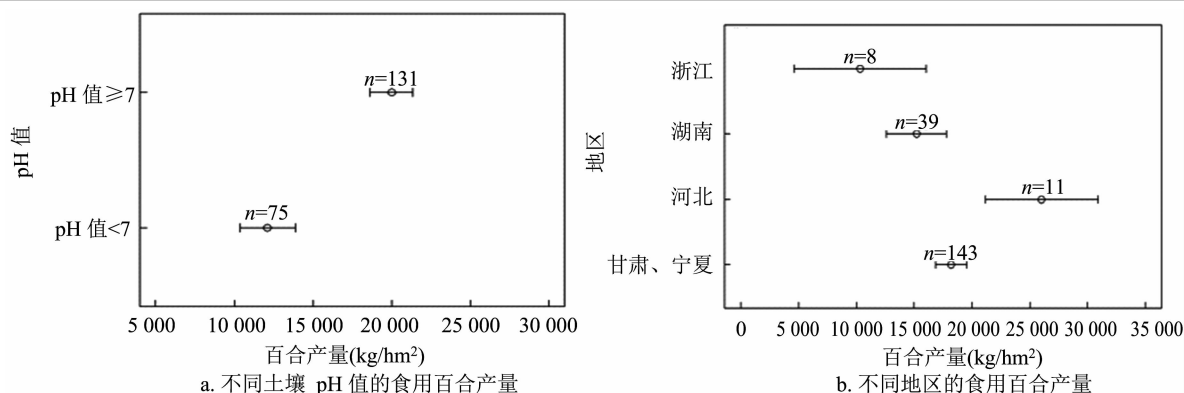


图1 土壤 pH 值对食用百合产量的影响及不同地区的食用百合产量

用百合产量方面有显著差异。在有机 - 无机配施条件下,食用百合的平均产量为 14 485 kg/hm<sup>2</sup>,单施无机肥处理的食用百合平均产量为 20 689 kg/hm<sup>2</sup>,与有机 - 无机肥配施相比,单施无机肥使食用百合产量提高了约 42.8%。上述结果表明,在西北较为贫瘠的土壤上,单施无机肥的施肥方式对食用百合

增产的效果优于有机 - 无机肥配施。就食用百合的田间管理措施来看,覆膜与否在提高食用百合产量方面有显著差异(图 2 - b),覆膜条件下食用百合的平均产量为 23 559 kg/hm<sup>2</sup>,而不覆膜条件下食用百合的平均产量为 16 866 kg/hm<sup>2</sup>,覆膜能使食用百合产量提高约 39.7%。

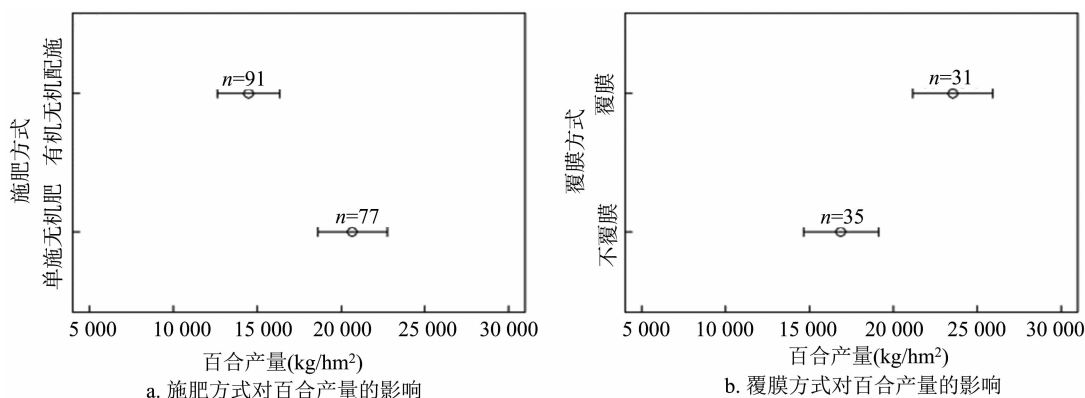


图2 施肥及覆膜方式对食用百合产量的影响

### 2.3 施肥量对食用百合产量的影响

从施肥量与食用百合产量之间相关关系的分析可以看出,食用百合产量随着氮肥、磷肥、钾肥施用量的增加而增加,食用百合产量与施氮量、施磷量、施钾量之间的斜率分别为 9.54、13.51、20.23,

氮、磷、钾 3 种元素对食用百合产量的影响表现为钾 > 磷 > 氮(图 3)。

### 2.4 食用百合产量影响因素的主成分分析

对食用百合产量影响因素进行主成分分析,根据累计贡献率大于 80% 的标准,选取了前 4 个主成

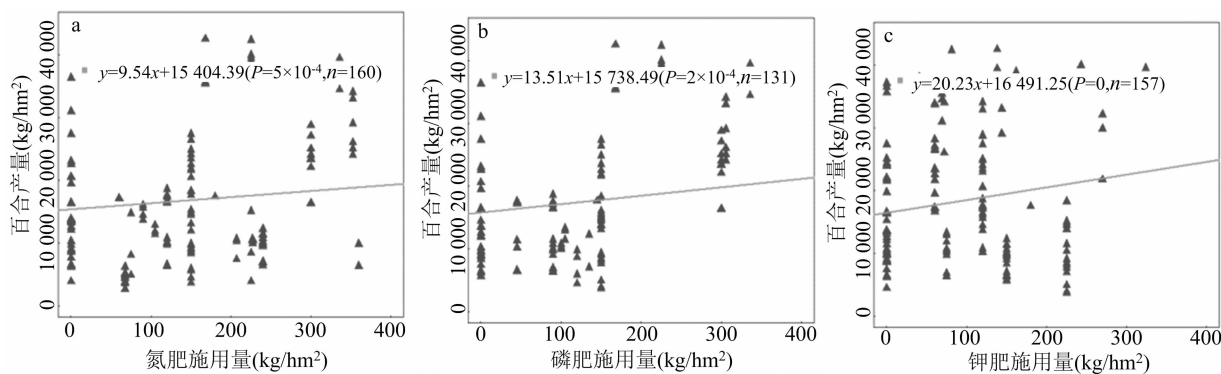


图3 施肥量与食用百合产量间的线性关系

分,其累计贡献率为 87.83%,可以概括 9 个影响因素的绝大部分信息。由特征值和贡献率可以得出,主成分 1 的贡献率最大,为 37.03%,特征值为 3.332,在此主成分特征向量中,速效磷的贡献率最大,可称为速效磷因子,其次为速效钾;主成分 2 的贡献率为 26.63%,特征值为 2.396,施磷量的贡献率最大,称为施磷量因子,其次为土壤 pH 值;主成分 3 的贡献率为 13.72%,特征值为 1.234,施钾量的贡献率最大,称为施钾量因子,其特征向量中产量、施氮量的贡献率也很大;主成分 4 的贡献率为 10.45%,特征值为 0.941,施氮量的贡献率最大,为施氮量因子,其次为施钾量(表 1)。

表 1 主成分分析的特征向量、特征值、方差贡献率及累计贡献率

主成分因子	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4
$X_1$	0.351 4	-0.671 6	-0.113 0	-0.363 7
$X_2$	0.051 5	-0.484 9	0.553 0	0.622 7
$X_3$	-0.269 8	-0.737 7	0.406 0	0.056 5
$X_4$	0.227 2	-0.045 1	0.694 7	-0.609 3
$X_5$	0.635 0	-0.622 3	-0.332 5	-0.060 9
$X_6$	0.931 9	0.186 6	0.162 3	0.061 2
$X_7$	0.915 3	0.264 4	0.150 5	0.045 6
$X_8$	-0.787 9	0.449 9	0.278 6	-0.153 1
$X_9$	-0.592 6	-0.685 1	-0.685 1	-0.115 8
特征值	3.332	2.396	1.234	0.941
贡献率(%)	37.03	26.63	13.72	10.45
累计贡献率(%)	37.03	63.66	77.38	87.83

注: $X_1$  表示土壤 pH 值, $X_2$  表示施氮量, $X_3$  表示施磷量, $X_4$  表示施钾量, $X_5$  表示栽植密度, $X_6$  表示速效磷含量, $X_7$  表示速效钾含量, $X_8$  表示有机质含量, $X_9$  表示产量。

由图 4 可以看出,食用百合产量与磷肥投入关系较其他因素更为密切,而与土壤有机质含量等土壤理化性状及食用百合栽植密度间无显著关系,由此可见,磷肥的施用是影响食用百合产量的一个主要因素。

### 3 讨论

在中性偏弱碱性石灰性土壤上,食用百合的增产效果显著,但在偏酸性土壤上的增产效果不显著。可能是因为在酸性土壤条件下,作物体内机能很容易受到损伤<sup>[19]</sup>,而食用百合在生长初期须要消耗种球中的养分,此时食用百合鳞茎的养分消耗速度大于合成,在现蕾以后,食用百合鳞茎开始生长,鳞茎中营养物质的合成速度大于消耗速度,而酸性条件大大降低了食用百合种球营养物质合成速度,

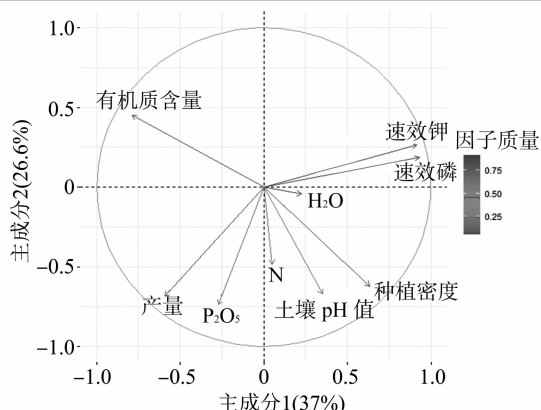


图 4 不同影响因素与食用百合产量间的关系

最终影响食用百合产量。就地域分布而言,河北、甘肃、宁夏地区食用百合的平均产量高于湖南、浙江一带食用百合平均产量。由于地域与土壤 pH 值具有一定的相关性,所以导致产量有差异一方面可能是由土壤 pH 值造成的。河北、甘肃、宁夏的土壤为石灰性土壤,而浙江、湖南地区的土壤偏酸性,一般为酸性土壤,土壤 pH 值多小于 6,北方石灰性土壤较南方酸性土壤更适合食用百合的生长,所以食用百合的平均产量偏高。另一方面,南方土壤中普遍缺钾,而钾是植物必需的营养元素之一,又是重要的品质元素<sup>[20-21]</sup>,钾对于食用百合类鳞茎作物有着重要作用,而我国耕地中缺钾土壤总面积高达 0.23 亿  $\text{hm}^2$ ,尤其是我国南方土壤缺钾表现更为突出<sup>[22]</sup>,由南向北土壤中钾含量逐渐增加,所以钾元素的缺乏也有可能是导致产量出现差异的原因之一。

本研究结果表明,钾素对食用百合产量的影响大于磷、氮,这与林玉红的研究结果<sup>[23]</sup>一致。这可能是因为钾素能够促进植物进行光合作用,提高其净光合作用速率<sup>[24]</sup>,在百合生长后期,种球所需的大量营养物质都是由地上部提供,当地上部百合植株的光合作用加强后,能够为种球膨大提供更多营养物质,从而实现食用百合增产。另外,对各种影响因素进行主成分分析发现,与栽植密度与土壤养分含量相比,磷肥与食用百合产量关系也较为密切。鳞茎作物一般需磷量都较其他元素高,而在石灰性土壤中,磷素很容易被固定,植物只能吸收利用根区表层的磷<sup>[25]</sup>,因此根层需要更高浓度的磷素,才能保证作物对磷素更好的吸收利用。同时,因为食用百合在苗期至现蕾期对磷的吸收比例是呈现逐渐增加趋势的<sup>[26]</sup>,但在苗期农户主要以施用氮肥为主,而不追施磷肥,在整个食用百合生育时期对食用百合的磷肥补充也相对较少,忽略了磷肥

对食用百合生长的作用。因此,磷肥是影响食用百合产量的一个关键性因素。此外,已有的研究均认为,有机肥无机肥配施可提高作物产量,因为有机肥与无机肥配合施用,不仅可以协调作物对养分的需求,提高根际土壤养分,还能够改善土壤结构,促进作物生长,实现增产增效<sup>[27]</sup>。然而本研究发现,单施无机肥的食用百合产量高于有机肥无机肥配施的食用百合产量。出现这种结果的原因可能是因为食用百合的种植区域的土壤养分含量低,土壤贫瘠,施用化肥能在短期内快速解决土壤养分不足的问题。这个问题还须要更深入的研究。

本研究还发现,覆膜条件下食用百合的平均产量高于不覆膜下食用百合平均产量。食用百合生长需要适宜的土壤湿度和温度,适宜的土壤含水量及土壤温度有利于食用百合鳞茎的膨大,增加食用百合产量,杨雨华等通过探究覆膜对兰州百合产量的影响,发现在半干旱地区种植食用百合,生育期内较低的土壤含水量及土壤温度是兰州百合优质高产的限制性因素,通过覆膜能够缓解食用百合生育期内的水分胁迫和温度胁迫,提高食用百合产量<sup>[28]</sup>。

## 4 结论

食用百合适宜在北方中性偏弱碱性石灰性土壤条件下生长。单施化肥较有机肥与无机肥配施的增产效果显著,通过覆膜能显著提高食用百合产量。施用氮肥、磷肥、钾肥均能提高食用百合产量,其中施用磷肥的增产效果更显著。

## 参考文献:

- [1] 杨云光, 邓成忠. 食用百合品种介绍[J]. 中国果菜, 2002(5): 31.
- [2] 孙雪婷, 龙光强, 张广辉, 等. 基于三七连作障碍的土壤理化性状及酶活性研究[J]. 生态环境学报, 2015, 24(3): 409–417.
- [3] 林玉红, 郭凤霞, 罗俊杰, 等. 不同施氮水平对旱地兰州百合养分累积与氮肥利用的影响[J]. 草业学报, 2011, 20(2): 101–108.
- [4] Stoate C, Boatman N D, Borralho R J, et al. Ecological impacts of arable intensification in Europe [J]. Journal of Environmental Management, 2001, 63(4): 337–365.
- [5] 马登科, 殷俐娜, 刘溢健, 等. 施氮量对黄土高原旱地冬小麦产量和水分利用效率影响的整合分析[J]. 中国农业科学, 2020, 53(3): 486–499.
- [6] 崔明元, 周柏明, 宋继娟, 等. 不同施肥种类与数量对大豆产量的影响[J]. 大豆科技, 2009(6): 37–41.
- [7] 贾宋楠, 范凤翠, 刘胜尧, 等. 施肥量对温室滴灌番茄干物质累积、产量及水肥利用的影响[J]. 灌溉排水学报, 2017, 36(5): 21–29.
- [8] 朱业斌. 万载龙牙百合及其栽培技术[J]. 江西园艺, 1999(3): 36–37.
- [9] 高金玉. 土壤不同 pH 值对 4 种野生百合生长及生理特性的影响[D]. 长春: 吉林农业大学, 2014: 34.
- [10] 黄 鹏. 覆盖等高垄作物对兰州百合产量及土壤温湿度的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(6): 183–186.
- [11] 杨雨华, 李文龙, 宗建伟, 等. 覆膜与施肥处理对兰州百合生态位适宜度和商品鳞茎产量的影响[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2010, 46(6): 78–83.
- [12] 郑凤英, 彭少麟. 几种数量综述方法的介绍与比较[J]. 生态科学, 2001, 20(4): 73–77.
- [13] Arnqvist G, Wooster D. Meta-analysis: synthesizing research findings in ecology and evolution [J]. Trends in Ecology & Evolution, 1995, 10(6): 236–240.
- [14] Glass G V. Primary, secondary, and meta-analysis of research[J]. Educational Researcher, 1976, 5(10): 3–8.
- [15] 郑凤英, 彭少麟. 整合分析中两种假设模型的介绍及实例分析[J]. 生态科学, 2004, 23(4): 292–294.
- [16] Linquist B A, Liu L J, van Kessel C, et al. Enhanced efficiency nitrogen fertilizers for rice systems: meta-analysis of yield and nitrogen uptake[J]. Field Crops Research, 2013, 154: 246–254.
- [17] Ainsworth E A, Davey P A, Bernacchi C J, et al. A meta-analysis of elevated [CO<sub>2</sub>] effects on soybean (*Glycine max*) physiology, growth and yield[J]. Global Change Biology, 2002, 8(8): 695–709.
- [18] 石生伟, 李玉娥, 刘运通, 等. 中国稻田 CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 排放及减排整合分析[J]. 中国农业科学, 2010, 43(14): 2923–2936.
- [19] 李剑峰, 张淑卿, 师尚礼, 等. 2 酸度水平下亚铁离子对苜蓿幼苗生理特性的影响[J]. 草地学报, 2009, 17(5): 570–574.
- [20] 张会民. 长期施肥土壤钾素演变[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 84–85.
- [21] 孙 婷, 李小莉, 王孟兰, 等. 不同钾肥用量对大棚小白菜生长、养分吸收及土壤养分含量的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(12): 134–137.
- [22] 王 飞, 林 诚, 李清华, 等. 不同施肥措施提高南方黄泥田供钾能力及钾素平衡的作用[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(3): 669–677.
- [23] 林玉红. 钾肥施用量对兰州百合生长、养分吸收及品质的影响[J]. 草业学报, 2012, 21(1): 141–148.
- [24] 黄 伟, 张晓光, 李文杰, 等. 施用钾肥对食用百合光合作用、产量和经济效益的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(3): 163–167.
- [25] 张子璐, 刘 峰, 侯庭钰. 我国稻田氮磷流失现状及影响因素研究进展[J]. 应用生态学报, 2019, 30(10): 3292–3302.
- [26] 王 宁, 南宏宇, 冯克云. 化肥减量配施有机肥对棉田土壤微生物生物量、酶活性和棉花产量的影响[J]. 应用生态学报, 2020, 31(1): 173–181.
- [27] 徐学军, 晋小军, 魏桂琴, 等. 不同覆盖方式对土壤温湿度及兰州百合鳞茎产量的影响[J]. 北方园艺, 2013(5): 52–56.
- [28] 杨雨华, 李文龙, 宗建伟, 等. 覆膜与施肥处理对兰州百合生态位适宜度和商品鳞茎产量的影响[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2010, 46(6): 78–83.