

张国伟, 王晓婧, 周玲玲, 等. 栽培方式对金针菜产量、品质和氮素吸收利用的影响[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(1): 166-172.  
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2019.01.024

## 栽培方式对金针菜产量、品质和氮素吸收利用的影响

张国伟<sup>1</sup>, 王晓婧<sup>1</sup>, 周玲玲<sup>2</sup>, 刘瑞显<sup>1</sup>, 杨长琴<sup>1</sup>

(1.江苏省农业科学院经济作物研究所/农业部长江下游棉花与油菜重点实验室, 江苏 南京 210014; 2.江苏省农业科学院宿迁农业科学研究所, 江苏 宿迁 223800)

**摘要:** 以金针菜中晚熟品种大乌嘴为材料, 设置露天、地膜覆盖(1膜)、地膜+大棚膜(2膜)、地膜+大棚膜+拱棚膜(3膜)和日光温室共5种栽培方式, 研究不同栽培方式对金针菜产量、品质形成和氮素累积分配的影响。结果表明, 与露天栽培相比, 1膜、2膜、3膜和温室处理增加了金针菜生长环境的空气温度、空气湿度和地温(增加效果表现为3膜>温室>2膜>1膜), 分别诱导金针菜提早现蕾4~5 d、15~16 d、22~25 d和19~22 d。种植模式通过调控金针菜氮素累积量的动态变化而影响产量。1膜处理下金针菜产量较低, 现蕾较迟, 氮累积动态特征值与露天处理差异较小。3膜处理下金针菜现蕾最早, 但是产量和品质性状均较差, 氮素快速累积的起始时间和终止时间最早, 快速累积持续时间最短, 干物质和氮在生殖器官中的分配比例较低, 最终产量、氮肥偏生产力和氮素利用效率均较低。2膜和温室栽培处理下金针菜现蕾较早, 产量较高, 品质较优, 干物质和氮在生殖器官中的分配比例较高, 氮累积量动态特征参数比较协调, 氮肥偏生产力和氮素利用效率较高, 为最优种植模式。

**关键词:** 金针菜; 栽培方式; 产量; 品质; 氮素吸收利用

中图分类号: S646.1<sup>+</sup>5 文献标识码: A 文章编号: 1000-4440(2019)01-0166-07

## Effects of cultivation patterns on yield, quality, nitrogen uptake and utilization of daylily (*Hemerocallis citrina* Baroni)

ZHANG Guo-wei<sup>1</sup>, WANG Xiao-jing<sup>1</sup>, ZHOU Ling-ling<sup>2</sup>, LIU Rui-xian<sup>1</sup>, YANG Chang-qin<sup>1</sup>

(1. Institute of Industrial Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Cotton and Rapeseed in the Lower Reaches of the Yangtze River, Ministry of Agriculture, Nanjing 210014, China; 2. Suqian Institute of Agricultural Sciences, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Suqian 223800, China)

**Abstract:** Using daylily cultivar Dawuzui as material, five cultivation patterns (L: open field cultivation; 1M: plastic film mulching; 2M: mulch film+ greenhouse film; 3M: mulch film+greenhouse film+arch shed film; W: solar greenhouse) were set to study the effect of cultivation patterns on daylily (*Hemerocallis citrina* Baroni) yield, quality and nitrogen uptake and utilization. The results showed that, compared to open field cultivation, treatments of 1M, 2M, 3M and W increased the air temperature, air humidity and ground temperature in the growth environment of daylily (the increase effect was 3M>W>2M>1M), thus promoted earlier budding 4~5 d, 15~16 d, 22~25 d and 19~22 d, respectively. Cultivation patterns could affect the yield by regulating the dynamic changes of the nitrogen accumulation amount of daylily plant. Compared to open field cultivation, 1M treatment induced lower production, later budding, less difference of dynamic characteristics of the nitrogen accumulation amount. 3M treatment caused the earliest budding and beginning and ending time of rapid nitrogen accumula-

收稿日期: 2018-05-21

基金项目: 江苏省农业科技自主创新基金项目[ CX(16)1022 ]

作者简介: 张国伟(1981-), 男, 山东聊城人, 博士, 副研究员, 主要从事作物栽培生理研究。(E-mail) zgw\_0721@163.com

通讯作者: 刘瑞显, (E-mail) liuruixian2008@163.com

tion, poorer yield and quality traits, the shortest duration of rapid accumulation, lower distribution proportion of dry matter and nitrogen in reproductive organs, thus induced lower yield, nitrogen partial factor productivity and production efficiency. 2M and W treatments induced earlier bud-

ding, higher yield, excellent quality, higher distribution proportion of nitrogen and biomass in reproductive organs, more optimized characteristics of the nitrogen accumulation, higher nitrogen partial factor productivity and production efficiency. These results suggested that the 2M and W treatments were the most optimal cultivation pattern.

**Key words:** daylily (*Hemerocallis citrina* Baroni); cultivation pattern; yield; quality; nitrogen uptake and utilization

金针菜又名黄花菜,是百合科萱草属多年生草本宿根植物,其花蕾具有较高营养价值,对健脑、抗衰、降胆固醇具有一定效果,是一种受消费者喜爱的药食同源作物。长期以来,金针菜栽培以露天栽培为主,花期较迟,上市较晚,经济效益偏低。近期研究表明,采用大棚设施栽培金针菜,可使金针菜现蕾时间提早 10~20 d,达到提早上市的目的<sup>[1-2]</sup>,但相关研究多集中在栽培技术上,关于金针菜产量及品质形成的机理研究报道较少。因此,有必要加强设施栽培下金针菜产量、品质形成规律的研究,为金针菜设施栽培的推广提供技术支撑。

作物的高产以较高的生物量为前提,而生物量的累积以养分吸收为基础<sup>[3]</sup>。氮是蛋白质的组成元素,植物产量构成中氮主要来自于生育后期营养物质的重新分配,因此,氮的累积与分配与作物生长和产量、品质形成密切相关<sup>[4-5]</sup>。大量研究表明植物氮素累积特征符合 Logistic 模型,栽培措施对其累积模型的基本形态影响较小,但对最大累积速率、最大累积速率出现时间和持续时间等特征值影响较大,因此可以通过分析模型的特征值来了解植物的养分吸收规律<sup>[6-8]</sup>。

与露地栽培相比,地膜覆盖和温室栽培造成金针菜生长的温度、光照度和湿度条件差异,从而影响植物的生物量累积和分配<sup>[9-10]</sup>。前人研究多注重设施栽培的增温、保墒和增产效果,而关于养分累积的报道相对较少,且仅有的研究也多集中在番茄<sup>[11]</sup>、黄瓜<sup>[12]</sup>、生菜<sup>[13]</sup>等植物上,关于金针菜的报道较少。周玲玲等<sup>[14]</sup>研究认为,与露地栽培相比,设施栽培(大棚)提高了金针菜的产量与品质。但关于养分累积规律的研究仍未见报道。

本研究采用统计模型的方法分析不同栽培方式对金针菜产量、品质和氮素吸收利用的影响,为金针菜的产量提高和品质改善提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验于 2015 至 2017 年在江苏省宿迁市丁嘴镇江

苏省农业科学院金针菜实验基地进行。试验地土壤为黏质土,2015 年和 2016 年试验中 0~20 cm 土层土壤 pH 值分别为 6.5 和 6.7,分别含有机质 12.2 g/kg 和 12.8 g/kg,全氮 1.08 g/kg 和 1.12 g/kg,速效磷 36.2 mg/kg 和 34.5 mg/kg,速效钾 132.1 mg/kg 和 128.0 mg/kg。金针菜品种为江苏省特色品种大乌嘴,2014 年 3 月移栽幼苗,每穴 2 株,设置行距 0.75 m,株距 0.20 m,折合密度 1 hm<sup>2</sup> 66 700 穴。设置露天、地膜覆盖(1 膜)、地膜覆盖+大棚膜(2 膜)、地膜覆盖+大棚膜+拱棚膜(3 膜)和日光温室共 5 种栽培方式。单体大棚长 60.0 m,宽 6.0 m,高 2.5 m;拱棚长 60.0 m,宽 6.0 m,高 2.0 m;日光温室长 40.0 m,宽 12.0 m,高 3.2 m,四周墙体用土坯和红砖建造。于 12 月 5 日进行地膜、大棚膜、中棚膜和温室保温处理,次年 5 月 10 日揭去大棚膜和中间膜,同时打开温室顶部进行露天栽培处理。全生育期 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 用量均为 120 kg/hm<sup>2</sup>,所施肥料为复合肥,分 2 次施用,基肥与薹肥施用比例 3:2。灌水量以保持与露地土壤含水量一致为准,其他管理按当地高产栽培要求进行。

### 1.2 测定内容与方法

在每个处理中,土壤中埋入地温计,测定地下 15 cm 处地温,并在距离地面 1.5 m 处悬挂 RC-T601A/B 温湿度记录仪。每天观察金针菜生长态势,记载各处理的主要生育期。在盛蕾期,每个处理选取大小一致的花蕾 40 个测定蕾长、蕾宽和单蕾质量,之后低温保存用于测定花蕾品质性状。考马斯亮蓝法测定蛋白质含量<sup>[15]</sup>,硫酸蒽酮比色法测定可溶性糖含量<sup>[15]</sup>,福林酚比色法测定多酚含量<sup>[16]</sup>,硝酸铝比色法测定总黄酮含量<sup>[17]</sup>,磷钼杂多酸光度法测定 V<sub>c</sub> 含量<sup>[18]</sup>,茚三酮比色法测定游离氨基酸含量<sup>[15]</sup>,原子吸收分光光度法测定钙含量<sup>[15]</sup>,液相色谱法测定秋水仙碱含量<sup>[19]</sup>。在开花末期测定单株花蕾数量,计算理论产量。

分别于出苗(2 月 28 日)后 1 d、20 d、40 d、60 d、80 d、100 d、120 d 和 140 d 在每小区取生长发育一致的 1 穴植株,3 次重复,在 105 °C 杀青 30 min 后,80 °C 烘至恒质量,称生物量。样品粉碎后用凯

氏定氮法<sup>[15]</sup>测定全氮含量,再根据干物质质量计算氮累积量。

### 1.3 金针菜氮素累积特征值的计算

根据前人研究结果,植物氮素累积量的增长过程用 Logistic 曲线进行模拟,其基本模型为  $W = W_m / (1 + ae^{-bt})$ 。分别对模型求 1 阶、2 阶和 3 阶导数,得到相应生长曲线的最快生长时段的起始时间( $t_1$ )、终止时间( $t_2$ )、最大相对生长速率( $V_m$ )及其出现时间( $t_m$ ),最终计算出快速累积期持续时间( $T$ )<sup>[20]</sup>。

其中,  $t_1 = \frac{1}{b} \ln \frac{2 + \sqrt{3}}{a}$ ,  $t_2 = \frac{1}{b} \ln \frac{2 - \sqrt{3}}{a}$ ,  $t_m = -\frac{\ln a}{b}$ ,

$V_m = -\frac{bw_m}{4}$ ,  $T = t_2 - t_1$ 。

### 1.4 生物量和氮经济系数、氮肥偏生产力和氮生产效率的计算<sup>[21]</sup>

计算金针菜生物量和氮经济系数、氮肥偏生产力和氮生产效率,生物量经济系数=蓄生物量/总生物量,氮素经济系数=蓄的氮累积量/氮总累积量,氮肥偏生产力( $NPP$ )=单位面积产量/单位面积施氮量,氮素生产效率( $NPE$ )=单位面积产量/单位面积吸氮量。

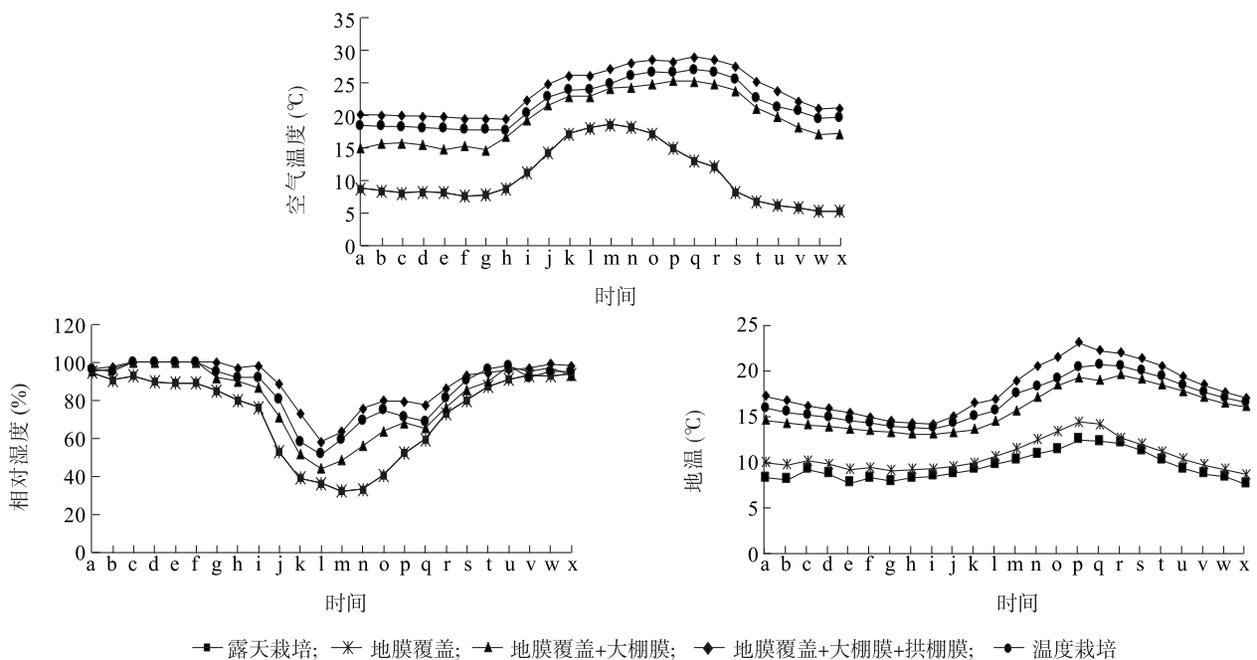
### 1.5 数据处理

采用 Microsoft Excel 软件处理数据和作图,用 SPSS 11.0 软件进行统计分析,用 LSD 法( $\alpha=0.05$ )进行差异显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 栽培方式对金针菜生长环境和生长发育进程的影响

栽培方式显著影响金针菜生长环境(图 1)。以 2017 年 3 月 15 日为例,与露天栽培相比,地膜覆盖(1 膜)栽培提高地温 1.5~3.0 °C,地膜+大棚膜(2 膜)、地膜+大棚膜+拱棚膜(3 膜)和日光温室处理则分别使日间空气温度增加 7~13 °C、12~20 °C 和 10~17 °C,日间空气湿度增加 16%~25%、25%~42% 和 20%~34%,地温增加 6.3~7.5 °C、8.9~11.2 °C 和 7.2~8.8 °C。此外,栽培方式显著影响金针菜生育进程(表 1)。与露天栽培相比,1 膜、2 膜、3 膜和温室处理的金针菜出苗分别提早 1~3 d、8~9 d、12~15 d 和 10~13 d,抽薹提早 3~6 d、13~14 d、21~24 d 和 19~20 d,现蕾提早 4~5 d、15~16 d、22~25 d 和 19~22 d。



a:0:00;b:01:00;c:02:00;d:03:00;e:04:00;f:05:00;g:06:00;h:07:00;i:08:00;j:09:00;k:10:00;l:11:00;m:12:00;n:13:00;o:14:00;p:15:00;q:16:00;r:17:00;s:18:00;t:19:00;u:20:00;v:21:00;w:22:00;x:23:00。

图 1 栽培方式对金针菜生长环境的影响

Fig.1 Effect of cultivation patterns on growing condition of daylily

表 1 栽培方式对金针菜生长发育进程的影响

Table 1 Effect of cultivation patterns on growth and development stages of daylily plant

栽培方式	2015-2016 年			2016-2017 年		
	苗期(月-日)	抽薹期(月-日)	现蕾期(月-日)	苗期(月-日)	抽薹期(月-日)	现蕾期(月-日)
露天栽培	03-10	05-25	06-26	03-09	05-23	06-24
地膜覆盖	03-09	05-19	06-21	03-06	05-20	06-20
地膜覆盖+大棚膜	03-01	05-11	06-10	03-01	05-10	06-09
地膜覆盖+大棚膜+拱棚膜	02-26	05-01	06-01	02-22	05-02	06-02
日光温室	02-28	05-05	06-04	02-24	05-04	06-05

### 2.2 栽培方式对金针菜花器和品质性状的影响

由表 2 可知,与露天栽培相比,1 膜处理显著增加了每穴花蕾数和产量,但对花蕾长、宽和花蕾质量影响较小;2 膜、3 膜和温室栽培显著提高了花蕾长、花蕾宽、单穴花蕾数、花蕾质量和产量,2015-2016 年产量分别较露天栽培增加 68.4%、51.5%和 89.8%,2016-2017 年产量分别较露天栽培增加 72.2%、54.4%和 94.9%。

由表 3 可知,栽培方式对金针菜多酚和秋水仙碱含量影响较小,但对其余指标影响较大。其中蛋白质、V<sub>C</sub>、游离氨基酸含量 2 膜和温室处理最高,1 膜和 3 膜处理次之,露天栽培最低,可溶性糖和钙含量 2 膜和温室处理最高,3 膜处理次之,露天和 1 膜处理最低,黄酮含量在 2 膜、3 膜和温室处理间未达到显著性水平,但均显著高于露地栽培和 1 膜处理。

表 2 栽培方式对金针菜产量和花器性状的影响

Table 2 Effects of cultivation patterns on yield and inflorescence traits of daylily

年份	栽培方式	花蕾长 (mm)	花蕾宽 (mm)	单穴花蕾数	花蕾质量 (g)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
2015-2016	露天栽培	113.23±1.26c	9.12±0.07c	37.8±2.2e	3.05±0.03e	7 689.8±375.5e
	地膜覆盖	113.82±1.02bc	9.15±0.07bc	45.7±2.7d	3.15±0.03c	9 479.8±462.8d
	地膜覆盖+大棚膜	115.26±1.03b	9.28±0.07ab	58.5±3.4b	3.32±0.03b	12 954.5±632.4b
	地膜覆盖+大棚膜+拱棚膜	112.81±1.01c	9.16±0.07bc	53.1±3.1c	3.12±0.03d	11 652.1±568.8c
	日光温室	122.25±1.10a	9.33±0.07a	64.2±3.1a	3.41±0.04a	14 602.8±712.8a
2016-2017	露天栽培	112.26±1.37c	9.17±0.04c	40.1±2.3e	3.08±0.02d	8 237.9±634.8d
	地膜覆盖	112.84±1.39c	9.21±0.05c	47.8±2.8d	3.12±0.02d	9 947.3±766.5c
	地膜覆盖+大棚膜	116.12±1.41b	9.31±0.05b	56.2±3.3b	3.29±0.03b	12 332.7±950.3b
	地膜覆盖+大棚膜+拱棚膜	113.82±1.38bc	9.22±0.05c	50.1±2.9c	3.22±0.03c	10 760.1±829.1c
	日光温室	119.38±1.45a	9.41±0.05a	62.3±3.0a	3.38±0.03a	14 045.2±1081.3a

同一列中不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

### 2.3 栽培方式对金针菜生物量和氮累积分配的影响

与露地栽培相比,1 膜、2 膜、3 膜和温室处理均增加了金针菜生物量和氮素的总累积量及其在生殖器官中的累积量,其中生物量和氮素总累积量分别增加 15.10% 和 13.31%、30.66% 和 33.63%、41.90% 和 45.23%、42.52% 和 54.76%,生殖器官中生物量和氮素累积量分别增加 20.75% 和 17.78%、49.71% 和 59.70%、30.62% 和 36.24%、70.50% 和 66.13% (表 4)。生物量和氮素的经济系数变化规律基本一致,表现为温室和 2 膜处理显著高于露地

栽培和 1 膜处理,3 膜处理最低。

### 2.4 栽培方式对金针菜氮含量和氮累积动态的影响

由图 2 可知,不同处理下金针菜整株氮含量变化呈先升高后降低趋势,其中露天栽培和 1 膜处理的氮含量在出苗后 100~120 d 最高,2 膜处理在 80~100 d 时最高,3 膜和温室处理在 60~80 d 时最高,之后迅速降低。在出苗后 80 d 之前各处理的氮含量大小顺序为 3 膜 > 温室 > 2 膜 > 1 膜 > 露地,而在出苗后 140 d 时则表现为相反趋势。随着生育进程,金针菜氮累积量的变化符合 Logistic 生长曲线 (图 3)。对图 3 数据拟合分析得到氮累积动态模型

的特征值(表5)。与露天处理相比,1膜处理对各参数影响较小,2膜、3膜和温室处理导致快速累积

时段的起始和终止时间及最大累积速率出现时间提前,最大累积速率增大,快速累积持续时间缩短。

表3 栽培方式对金针菜品质性状的影响

Table 3 Effects of cultivation patterns on quality character of daylily

年份	栽培方式	蛋白质含量 (mg/g)	V <sub>c</sub> 含量 (μg/mg)	游离氨基酸含量 (μmol/mg)	可溶性糖含量 (mg/g)	钙含量 (μg/g)	多酚含量 (mg/g)	黄酮含量 (mg/g)	秋水仙碱含量 (μg/g)
2015-2016	L	34.68±2.39c	5.13±0.20c	50.34±1.73c	381.69±3.80d	51.34±0.51c	2.16±0.15a	10.15±0.50b	0.704±0.03a
	1M	40.28±2.78b	5.49±0.22bc	54.28±1.87b	388.72±3.87d	51.78±0.52c	2.26±0.15a	10.16±0.50b	0.695±0.03a
	2M	44.86±3.09a	5.84±0.23ab	55.48±1.91b	438.28±4.36a	55.89±0.56a	2.04±0.14a	11.73±0.57a	0.704±0.04a
	3M	40.63±2.80b	5.43±0.21bc	53.90±1.85b	405.35±4.03c	54.75±0.54b	2.12±0.14a	10.80±0.53ab	0.720±0.04a
	W	45.76±3.15a	6.18±0.24a	62.38±1.24a	424.84±4.23b	56.39±0.56a	2.21±0.15a	11.31±0.55a	0.710±0.03a
2016-2017	L	35.82±2.47c	5.44±0.11d	52.32±1.04c	384.25±3.82c	52.02±1.03b	2.33±0.16a	10.35±0.20c	0.698±0.03a
	1M	39.88±2.75b	5.88±0.12c	55.01±1.09b	388.73±3.87c	53.12±1.05b	2.45±0.17a	10.71±0.21bc	0.693±0.03a
	2M	43.23±2.98a	6.11±0.12a	57.34±1.14a	426.83±4.25a	57.12±1.13a	2.25±0.15a	11.55±0.23a	0.705±0.03a
	3M	40.25±2.77b	5.73±0.11c	53.12±1.05bc	398.12±3.96b	52.14±1.03b	2.31±0.16a	10.83±0.21b	0.711±0.03a
	W	42.12±2.90a	6.02±0.12ab	58.62±1.16a	433.45±4.31a	57.39±1.14a	2.36±0.16a	11.59±0.23a	0.709±0.03a

L:露天栽培;1M:地膜覆盖;2M:地膜覆盖+大棚膜;3M:地膜覆盖+大棚膜+拱棚膜;W:日光温室。同一列中同一年份不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

表4 栽培方式对金针菜生物量和氮素累积与分配的影响(2016-2017)

Table 4 Effects of cultivation patterns on biomass and nitrogen accumulation and distribution of daylily (2016-2017)

栽培方式	总生物量 (kg/hm <sup>2</sup> )	氮素总累积量 (kg/hm <sup>2</sup> )	生殖器官生物量 (kg/hm <sup>2</sup> )	生殖器官氮素累积量 (kg/hm <sup>2</sup> )	生物量经济系数	氮素经济系数
L	2 603.32±102.14d	32.23±1.26e	741.41±57.13d	11.81±0.23e	28.48±0.56c	37.01±0.73c
1M	2 996.52±117.56c	36.52±1.43d	895.26±66.99c	13.91±0.28d	29.88±0.59c	37.09±0.73c
2M	3 401.42±133.45b	43.07±1.69c	1 109.94±85.53b	18.86±0.29b	32.63±0.65b	43.79±0.87a
3M	3 694.21±144.94a	46.81±1.83b	968.41±74.62c	16.09±0.26c	26.21±0.52d	34.37±0.68d
W	3 710.13±145.55a	49.82±1.96a	1 264.07±97.40a	19.62±0.20a	34.07±0.67a	39.38±0.78b

栽培方式见表3注。同一列中不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

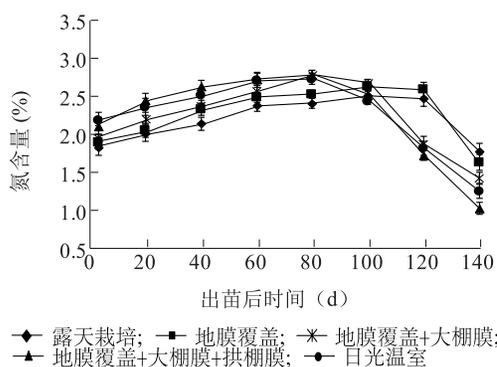


图2 栽培方式对金针菜氮含量的影响(2016-2017)

Fig.2 Effect of cultivation patterns on nitrogen concentration of daylily (2016-2017)

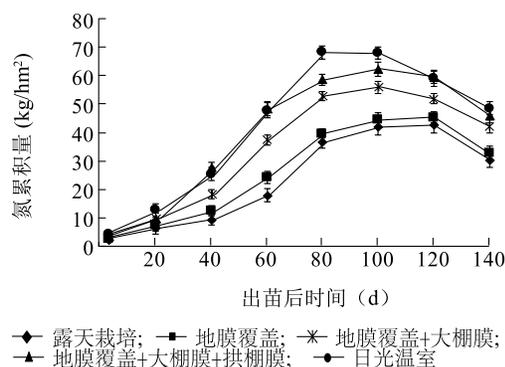


图3 栽培方式对金针菜氮累积量的影响(2016-2017)

Fig.3 Effect of cultivation pattern on nitrogen accumulation amount of daylily (2016-2017)

## 2.5 栽培方式对金针菜氮肥偏生产力和氮素生产效率的影响

与露天栽培相比,1膜、2膜和温室处理分别使

金针菜氮肥偏生产力和氮素生产效率升高 20.6%和 6.5%、49.4%和 12.0%、70.3%和 10.3%,3膜处理使氮肥偏生产力升高 30.5%,氮素生产效率降低

10.0%(图4)。

### 3 讨论

设施栽培引起环境因子的改变,进而影响植物的生长发育特性及产量、品质形成,其中空气温度、空气湿度和地温是造成生育期改变的关键因子<sup>[22]</sup>。本研究结果表明,与露天栽培相比,膜覆盖处理增加了金针菜生长环境的空气温度、空气湿度和地温,进

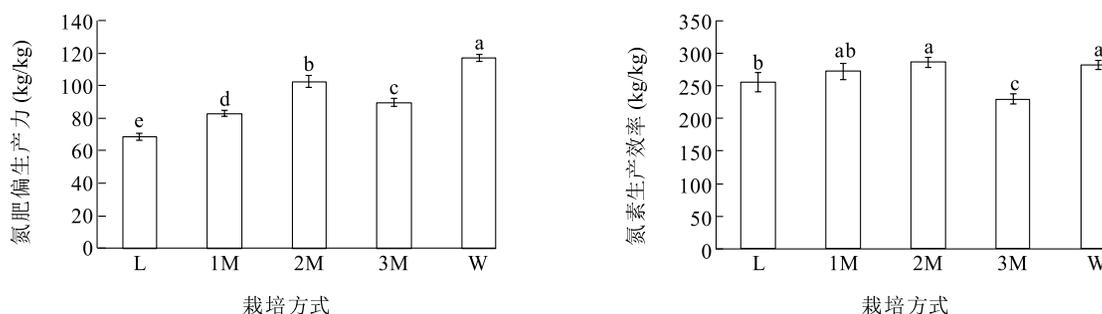
而诱导金针菜提早现蕾,这与王鑫等<sup>[23]</sup>对梨树的研究结果一致。试验中3膜和温室栽培的增温效果较好,主要是由于3膜栽培中在地膜和大棚膜间加盖了一层聚乙烯膜,在上部2层膜之间形成空气隔层,因此保温效果优于2膜栽培,而日光温室的四周墙体均为土坯和红砖结构,因此保温效果也强于钢架结构的2膜栽培。

表5 栽培方式对金针菜氮累积动态特征值的影响(2016-2017)

Table 5 Effects of cultivation patterns on eigenvalues of nitrogen accumulation of daylily (2016-2017)

栽培方式	快速累积起始时间 $t_1$ (d)	快速累积终止时间 $t_2$ (d)	最大累积速率出现时间 $t_m$ (d)	最大累积速率 $V_{max}$ [kg/(hm <sup>2</sup> ·d)]	快速累积持续时间 $T$ (d)
L	40.7	138.1	87.9	0.404 3	97.4
1M	41.0	139.2	88.3	0.417 7	98.2
2M	33.3	125.3	82.9	0.514 0	92.0
3M	19.8	107.7	67.6	0.597 1	87.9
W	26.4	117.7	77.0	0.604 2	91.3

栽培方式见表3注。



栽培方式见表3注。不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

图4 栽培方式对金针菜氮偏生产力和氮素生产效率的影响(2016-2017)

Fig.4 Effect of cultivation patterns on nitrogen partial factor productivity and production efficiency of daylily (2016-2017)

本研究中各处理的金针菜黄酮和秋水仙碱含量差异较小,但是2膜、3膜和日光温室处理下花器和品质指标(黄酮和秋水仙碱含量除外)均优于1膜和露天处理,这与周玲玲等<sup>[14]</sup>的研究结果一致。

植株氮含量的变化与碳水化合物的形成和养分向生殖器官的运输密切相关。温室中温度和湿度过高或过低都会影响植物的生物量累积和养分分配以及产量形成<sup>[24]</sup>。本研究中3膜处理下生物量和氮总累积量均较高,但是植株氮含量开始降低出现时间最早,生育后期氮含量最低,表现早衰趋势。而3膜处理的生物量和氮经济系数较低,表明高温和高湿影响了生物量和氮累积分配,导致较多的生物量和氮积累在营养器官,最终氮偏生产力和氮素

生产效率均较低。戴剑锋等<sup>[25]</sup>研究认为温室内温度过高时虽然可以获得较高生物量,但是黄瓜徒长,产量降低,这与本研究结果一致。露地和1膜处理下植株氮含量在生育前期较低,但是生育后期最高,出现贪青晚熟现象,产量最低,表明低温抑制了金针菜的生长发育和产量形成,这也与 Seguner 等<sup>[26]</sup>在生菜上的研究结果一致。

植株氮素的吸收动态可用 Logistic 生长曲线描述。本研究中,随着各处理植株生长环境温度和湿度的升高(空气温度和湿度基本表现为3膜>温室>2膜>1膜和露地栽培),氮素累积最快时段的起始时间、最快生长时段的终止时间和最大累积速率出现时间提前,最大累积速率增大,快速累积持续时间

缩短。其中2膜和日光温室处理下氮素的最大累积速率较高,快速累积持续时间相对较长,最终氮累积量较高;3膜处理下,尽管最大累积速率较高,但是快速累积持续时间最短,最终氮累积量偏低。

总之,设施栽培方式引起金针菜生长环境因子改变,进而影响金针菜产量、品质和氮素吸收利用。栽培方式通过调控金针菜氮累积量的动态特征影响氮素的累积转运和产量,2膜和温室栽培处理下金针菜现蕾较早,产量较高,品质较优,干物质和氮素在生殖器官中的分配比例较高,氮累积量动态特征参数比较协调,氮肥偏生产力和氮素利用效率较高,为最优栽培方式。

### 参考文献:

- [1] 丁新天,朱静坚,丁丽玲,等. 大棚黄花菜生长特点及优质高效栽培技术研究[J]. 中国农学通报,2004,20(1):83-85.
- [2] 段金省,李宗龔,周忠文. 保护地栽培对黄花菜生长发育的影响[J]. 中国农业气象,2008,29(2):184-187.
- [3] WANG Y, JANZ B, ENGEDAL T, et al. Effect of irrigation regimes and nitrogen rates on water use efficiency and nitrogen uptake in maize[J]. Agricultural Water Management, 2016, 179:271-276.
- [4] NORDIN A, ÖHMAN M. Formation and reduction of nitrogen oxide in a pilot scale fluidized bed biomass combustor[J]. Biological Psychology, 2016, 81:131-134.
- [5] 管正策,冯跃华,许桂玲,等. 施氮量和机插密度对钵苗机插杂交籼稻C两优华占产量和氮素利用效率的影响[J]. 南方农业学报,2018,49(8):1498-1504.
- [6] OVERMAN A R, SANDERSON M A, JONES R M. Logistic response of Bermudagrass and Bunchgrass cultivars to applied nitrogen[J]. Agronomy Journal, 1993, 85:541-545.
- [7] 张国伟,杨长琴,刘瑞显,等. 施氮量对麦后直播棉钾素吸收利用的影响[J]. 应用生态学报,2016,27(10):3228-3236.
- [8] 孙向丽,张启翔. 一品红生物量及对水分、养分吸收利用的变化规律[J]. 中国农业科学,2011,44(6):1191-1200.
- [9] MOHAMMADI A, OMID M. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran[J]. Applied Energy, 2010, 87:191-196.
- [10] 李红峥,曹红霞,郭莉杰,等. 沟灌方式和灌水量对温室番茄综合品质与产量的影响[J]. 中国农业科学,2016,49(21):4179-4191.
- [11] 梁称福,陈正法,李文祥,等. 不同降温处理对温室番茄作物生长及养分积累的影响研究[J]. 中国生态农业学报,2006,14(2):79-81.
- [12] 裴孝伯,张福墁,王柳. 不同光温环境对日光温室黄瓜氮磷钾吸收分配的影响[J]. 中国农业科学,2002,35(12):1510-1513.
- [13] ORTAS I, SARI N, ÇAGDAS A, et al. Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions[J]. Scientia Horticulturae, 2011, 128:92-98.
- [14] 周玲玲,张黎杰,姜若勇. 设施和露地栽培对金针菜产量和品质的影响[J]. 上海农业学报,2017,33(3):105-108.
- [15] 李合生,孙群,赵世杰,等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:66-218.
- [16] KSOURI R, MEGDICHE W, DEBEZ A, et al. Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritima* [J]. Plant Physiology & Biochemistry, 2007, 45:244-249.
- [17] 何书美,刘敬兰. 茶叶中总黄酮含量测定方法的研究[J]. 分析化学,2007,35(9):1365-1368.
- [18] LIU H, CAO J, JIANG W. Evaluation and comparison of vitamin C, phenolic compounds, antioxidant properties and metal chelating activity of pulp and peel from selected peach cultivars[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 63:1042-1048.
- [19] AL-FAYYAD M, ALALI F, ALKOFARI A, et al. Determination of colchicine content in *Colchicum hierosolymitanum* and *Colchicum tunicatum* under cultivation[J]. Natural Product Letters, 2002, 16:395-400.
- [20] 邹芳刚,张国伟,王友华,等. 施氮量对滨海改良盐土棉花钾素累积利用的影响[J]. 作物学报,2015,45(1):80-88.
- [21] 邹芳刚,郭文琦,王友华,等. 施氮量对长江流域滨海盐土棉花氮素吸收利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(5):1150-1158.
- [22] 李仁杰,朱世东,袁凌云,等. 温室内地温变化规律及与气温的相关性[J]. 中国农学通报,2010,26(24):209-212.
- [23] 王鑫,王纪忠,赵碧英,等. 梨树大棚栽培棚内外温湿度环境变化规律和物候期研究[J]. 中国农学通报,2012,28(1):201-206.
- [24] CHALABI Z S, BAILEY B J, WILKINSON D J. A real-time optimal control algorithm for greenhouse heating[J]. Computers & Electronics in Agriculture, 1996, 15:1-13.
- [25] 戴剑锋,罗卫红,乔晓军,等. 基于模型的温室加温控制目标优化系统研究[J]. 农业工程学报,2006,22(11):187-191.
- [26] SEGUNER I, SHINA G, ALBRIGHT L D, et al. Optimal temperature setpoints for greenhouse lettuce[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1991, 49:209-226.

(责任编辑:张震林)