

文章编号:1001—7380(2022)01—0048—06

## 硝酸铵对金叶女贞生长及光合特性的影响

张丽翠

(山西省林业生态实验基地,山西 太原 030018)

**摘要:**通过研究不同硝酸铵施用量对金叶女贞生长和光合特性的影响,以期为科学合理施用氮肥提供理论依据。试验在城市环境条件下,于2020年和2021年设置硝酸铵施用量为0 g/株(T1,CK)、5 g/株(T2)、10 g/株(T3)、15 g/株(T4)处理4个,重复3次。结果表明:2020年、2021年7月,T3、T4株高显著高于对照和T2;2020年、2021年5—7月,T3与T4净光合速率显著高于对照,4—6月T2与对照之间无显著差异;2020年5月和7月,2021年4月和7月,T3和T4气孔导度显著高于对照和T2,T2与对照之间无显著差异;2020年、2021年5—7月,T3、T4胞间CO<sub>2</sub>浓度显著低于对照,蒸腾速率显著高于对照。不同硝酸铵处理对金叶女贞株高和光合特性的影响顺序为T4>T3>T2。

**关键词:**硝酸铵;金叶女贞;株高;光合特性;气孔导度

**中图分类号:**Q945.11;S753.53<sup>+</sup>2;S792.41 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2022.01.008

## Effects of ammonium nitrate on growth and photosynthetic characteristics of *Ligustrum × vicaryi*

Zhang Licui

(Shanxi Forestry Ecological Experimental Base, Taiyuan 030018, China)

**Abstract:**To provide scientific and rational basis for nitrogen fertilizer application in garden maintenance, we studied effects of different ammonium nitrate amount per plant on the growth and photosynthetic traits of *Ligustrum × vicaryi*. The test was carried out under urban environmental conditions, by setting 3 treatments and CK in ammonium nitrate application as 0 (T1, CK), 5 (T2), 10 (T3), 15 (T4) g per plant in both 2020 and 2021. The results showed that the plants with T3 and T4 were significantly higher than those of CK and with T2 in July, 2020 and 2021. And the net photosynthetic rates with T3 and T4 were significantly higher than that of CK from May to July, no significant difference between those with T2 and of CK from April to June. In May and July 2020, April and July 2021, the stomatal conductance with T3 and T4 was significantly higher than those with and T2 and of CK, no significant difference between those with T2 and of CK either. From May to July in both 2020 and 2021, the plants with T3 and T4 were characteristic of significantly lower intercellular CO<sub>2</sub> concentration, yet higher transpiration rate than those of CK. It was concluded that the effects of different ammonium nitrate treatments on the height and photosynthetic traits of *L. × vicaryi* was presented in such order as T4>T3>T2.

**Key words:** Ammonium nitrate; *Ligustrum × vicaryi*; Plant height; Photosynthetic trait; Stomatal conductance

金叶女贞是城市园林中重要观赏灌木,在充足养分供应条件下,生长季节叶色金黄,具有极高的观赏价值,当前已经成为很多城市景观中绿化带和主要树种造型的树种之一<sup>[1]</sup>。在城市环境条件下,随着金叶女贞栽培时间延长,土壤肥力退化,养分

供应不足,金叶女贞生长势减弱,新生枝条生长缓慢<sup>[2-3]</sup>。在生长季节进行追肥,提高土壤养分供应能力是解决金叶女贞长势减弱的重要途径<sup>[4]</sup>。王兴军<sup>[5]</sup>研究认为,生长季节追肥可以显著提高新疆杨叶片内叶绿素含量,提高保护酶活性和植株抗逆

收稿日期:2021-12-01;修回日期:2021-12-27

作者简介:张丽翠(1973-),女,山西榆社人,工程师,大学本科毕业。主要从事林木栽培相关工作。

性,促进生长;王丽芳<sup>[6]</sup>研究认为,生长季节追施氮肥可以显著促进油松生长,整个生长季节株高与对照相比提高了 39.75%,叶片电导率、丙二醛含量显著降低;冯海华<sup>[7]</sup>研究认为,紫叶李在生长季节追肥后枝条生长量与对照相比显著升高,秋季与对照相比提高了 55.64%,并且叶片内 SOD, POD, CAT 活性均显著升高,提高了其抗逆性,有利于适应城市环境条件;李红霞<sup>[8]</sup>研究认为,追肥可以显著改善紫丁香的营养状况,提高叶片内渗透物质含量,提高植株氮代谢能力,有利于促进叶片生长。本研究通过生长季节追施硝酸铵对金叶女贞生长和叶片光合特性的影响试验,以期在城市绿化中金叶女贞科学追施氮肥提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验时间和地点

试验在山西省林业生态实验基地园区道路 2 侧金叶女贞绿化带上进行。该绿化带于 2017 年 4 月使用 3 年生扦插苗栽植而成。截止到 2020 年,试验所选金叶女贞栽植 3 a 期间无任何施肥,长势已经明显减弱。该金叶女贞绿化带分布在道路南北 2 侧,长 156 m,宽 90 cm,每年 3 月春季修剪 1 次,修剪留高 50 cm。栽培密度为 30 cm×30 cm。2020 年试验地点选择道路南侧绿化带,2021 年选择北侧绿化带,该绿化带东西向延伸,无其他树木混栽。

### 1.2 试验设计

根据贾正民<sup>[2]</sup>、宋丽华等<sup>[9]</sup>、郝瑞娟<sup>[10]</sup>的先期金叶女贞施肥研究结果,确定本试验硝酸铵的施用量及其梯度。试验共设置处理 4 个,其中 T1 为对照,不施硝酸铵(0 g/株),T2 为硝酸铵低量处理(5 g/株),T3 为硝酸铵中量处理(10 g/株),T4 为硝酸铵高量处理(15 g/株)。所有处理在早春 1 次性施用的磷、钾肥均为 2 g/株。试验所选用的硝酸铵由山西天脊煤化工集团有限责任公司生产,2019 年 12 月购入,含氮量为 33%;选用的重过磷酸钙由云南云天化股份有限公司生产,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含量为 50%;硫酸钾,由唐山三孚钾肥有限公司生产,K<sub>2</sub>O 含量为 50%。施肥方式为单株施肥:3 月 1 日,在距离金叶女贞根茎处 8 cm 处 1 侧开挖施肥沟深 10 cm、宽 6 cm、长 15 cm,将称量好的肥料与 6 倍质量的土壤混匀后,撒入沟内,覆土,3 d 后浇透水 1 次;5 月 1 日,在 3 月 1 日施肥的另 1 侧开同样沟施入相同量的肥料。随机区组试验设计,每个处理重复 3 次,

每重复选择金叶女贞 20 株,整个试验共计选择了苗木 240 株。2020 年和 2021 年的试验设计相同。试验期间,2020 年在 6 月 20 日浇水 1 次,2021 年在 7 月 3 日浇透水 1 次。

### 1.3 测定项目

为确定早春 3 月 1 日不同施肥处理对早春缓慢生长阶段的生长和光合特性的影响,也为早春萌芽期追肥提供理论依据,分别于 2020 年和 2021 年在 2 次施肥之间的 4 月 16 日进行 1 次生长和光合指标的测定。

株高测定:分别于 4,5,6,7 月的每个月 16 日用卷尺(精度 1 cm)测定金叶女贞株高,每处理测量 6 株株高,取平均值作为最终结果。

光合作用测定:分别于 4,5,6,7 月的每个月 16 日上午 10:00 使用 Li-6400 便携式光合测定仪测定金叶女贞叶片的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度<sup>[11]</sup>。每个处理测定苗木 6 株,取平均值作为最终结果。

2020 年和 2021 年试验测定内容和方法相同。

### 1.4 数据处理

数据处理以及表格制作使用 excel2013,差异显著性检验使用 DPS7.05 版软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同硝酸铵施用量对金叶女贞株高的影响

由结果(见表 1)可知,不同硝酸铵施用量对金叶女贞株高的影响在不同年份存在较大差异。4 月,2020 年仅 T4 处理显著高于对照,T2、T3 与对照之间无显著差异;2021 年,T3、T4 之间无显著差异,2 个处理均显著高于对照和 T2 处理。5 月,2020 年 T2、T3、T4 之间无显著差异,T3、T4 显著高于对照;2021 年 T3、T4 均显著高于 T2、T1 处理,T2 与对照之间无显著差异,T3 与 T4 之间无显著差异,表明 T2 处理在 4—5 月不会对金叶女贞株高产生显著影响。2020 年 6 月至 7 月,T2 显著高于对照,T2 显著低于 T3 处理,T3 与 T4 之间无显著差异;2021 年 6 月,T2 与对照之间无显著差异,T2 显著低于 T3 处理,T3 显著高于对照,T4 与 T3 之间无显著差异。7 月,T3 株高在 2020 年和 2021 年分别比对照提高了 6.33% 和 7.58%,T4 分别比对照提高了 7.85% 和 9.80%。从试验结果来看,施用硝酸铵有利于促进金叶女贞生长。

表1 不同硝酸铵施用量对金叶女贞株高的影响

年份	处理	4月	5月	6月	7月
2020	T1	50.56±0.55 b	53.12±0.31 b	59.46±0.46 c	68.36±0.35 c
	T2	50.67±0.42 b	54.35±0.36 ab	61.35±0.62 b	69.98±0.91 b
	T3	51.34±0.33 ab	55.12±1.01 a	62.78±0.75 a	72.68±0.68 a
	T4	52.01±0.51 a	55.35±0.48 a	63.02±0.68 a	73.72±0.71 a
2021	T1	51.12±0.43 b	54.64±0.62 b	64.45±0.44 b	75.57±0.51 d
	T2	52.24±0.52 b	55.03±0.51 b	65.15±0.48 b	78.88±0.86 c
	T3	53.36±0.65 a	55.96±0.63 a	66.99±0.86 a	81.66±0.66 b
	T4	53.97±0.72 a	56.13±0.32 a	67.33±0.62 a	83.34±0.73 a

注:表内数据为平均值±标准差;数据后不同小写字母表示同年内不同处理结果之间在 $P<0.05$ 水平上存在显著性差异。

## 2.2 不同硝酸铵施用量对金叶女贞叶片净光合速率的影响

施用硝酸铵对在不同月份金叶女贞叶片净光合速率的影响存在差异(见表2)。2020年4月,所有施用硝酸铵处理的净光合速率均高于对照,但无显著差异,说明硝酸铵处理在2020年4月不会对金叶女贞叶片净光合速率产生显著影响;2021年4月,T3、T4之间无显著差异,2个处理显著高于对照,T2与对照之间无显著差异。2020年和2021年

5—7月,T3、T4处理净光合速率无显著差异,2个处理均显著高于对照,表明这2个处理对提高金叶女贞叶片净光合速率效果显著;5—6月,T2与对照之间无显著差异,表明该施肥量在这2个月并不会对金叶女贞叶片净光合速率产生显著影响;7月,T2显著高于对照,说明该施肥处理仅在7月可以显著提高金叶女贞叶片净光合速率。T3与T4之间无显著差异,表明硝酸铵施用量从T3提高至T4可以提高金叶女贞叶片净光合速率,但是效果不显著。

表2 不同硝酸铵施用量对金叶女贞叶片净光合速率的影响

年份	处理	4月	5月	6月	7月
2020	T1	2.58±0.15 a	2.62±0.42 b	3.65±0.34 c	3.02±0.20 c
	T2	2.73±0.23 a	2.85±0.44 ab	3.96±0.55 bc	4.12±0.31 b
	T3	2.96±0.25 a	2.98±0.55 a	4.68±0.36 ab	5.05±0.54 a
	T4	3.02±0.20 a	3.04±0.30 a	5.02±0.31 a	5.67±0.41 a
2021	T1	3.46±0.30 b	3.18±0.30 b	4.22±0.21 c	4.14±0.11 c
	T2	3.62±0.32 b	3.59±0.56 ab	5.03±0.30 bc	5.06±0.50 b
	T3	4.78±0.75 a	3.97±0.74 a	5.97±0.55 ab	6.25±0.40 a
	T4	4.82±0.80 a	4.02±0.49 a	6.38±0.51 a	6.95±0.42 a

注:表内数据为平均值±标准差;数据后不同小写字母表示同年内不同处理结果之间在 $P<0.05$ 水平上存在显著性差异。

## 2.3 不同硝酸铵施用量对金叶女贞叶片气孔导度的影响

施用硝酸铵有利于金叶女贞叶片气孔导度的升高(见表3)。2020年,4月和7月,T3处理高于T4处理,但无显著差异;5—6月,T4高于T3处理,无显著差异。2021年4—7月,T3与T4之间无显著差异,表明硝酸铵施用量从T3提高至T4并未对金

叶女贞叶片气孔导度产生显著影响。2020年,T3在5月和7月显著高于T2处理,5—7月T3显著高于对照。2021年4月和7月,T3显著高于T2处理,表明T3在这2个月与T2相比可以显著提高金叶女贞叶片气孔导度。2020年和2021年,T2与对照之间无显著差异,表明T2不会对金叶女贞叶片气孔导度产生显著影响。

表 3 不同硝酸铵施用量对金叶女贞叶片气孔导度的影响

mol/(m<sup>2</sup>s)

年份	处理	4 月	5 月	6 月	7 月
2020	T1	0.13±0.01 a	0.11±0.01 b	0.17±0.02 c	0.14±0.02 b
	T2	0.28±0.15 a	0.17±0.03 b	0.23±0.03 bc	0.19±0.03 b
	T3	0.24±0.03 a	0.26±0.05 a	0.29±0.04 ab	0.30±0.02 a
	T4	0.21±0.02 a	0.29±0.03 a	0.33±0.02 a	0.26±0.03 a
2021	T1	0.22±0.03 b	0.18±0.02 c	0.23±0.02 b	0.21±0.02 b
	T2	0.27±0.02 b	0.24±0.03 bc	0.28±0.03 ab	0.26±0.04 b
	T3	0.36±0.05 a	0.33±0.04 ab	0.35±0.03 a	0.33±0.03 a
	T4	0.39±0.04 a	0.29±0.03 a	0.34±0.04 a	0.38±0.03 a

注:表内数据为平均值±标准差;数据后不同小写字母表示同年内不同处理结果之间在  $P<0.05$  水平上存在显著性差异。

#### 2.4 不同硝酸铵施用量对金叶女贞叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度的影响

施用硝酸铵在金叶女贞生长季节有降低叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度的趋势(见表 4)。2020 年 4 月,所有处理之间无显著差异,5—7 月 T3、T4 均显著低于对照,T2 与对照之间无显著差异,T3 显著低于 T2 处理,T3 与 T4 之间无显著差异。2021 年 4—7 月,T2

与对照之间无显著差异,表明 T2 不会对金叶女贞叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度产生显著影响;5 月和 7 月,T3 显著低于 T2,说明硝酸铵施用量从 T2 提高至 T3 在这 2 个月对降低金叶女贞叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度具有显著作用;T3 与 T4 在整个试验期间均无显著差异,表明硝酸铵施用量从 T3 提高至 T4 不会对金叶女贞叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度产生显著影响。

表 4 不同硝酸铵施用量对金叶女贞叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度的影响

μmol/mol

年份	处理	4 月	5 月	6 月	7 月
2020	T1	286.52±10.10 a	243.74±12.54 a	132.44±10.08 a	162.84±6.77 a
	T2	274.85±10.41 a	234.66±13.65 b	128.78±12.49 a	152.44±4.97 b
	T3	262.38±12.16 a	221.32±11.00 c	121.70±11.47 b	141.24±9.99 c
	T4	259.55±14.13 a	217.49±12.14 c	119.64±9.05 b	135.14±4.81 c
2021	T1	234.58±10.03 a	198.46±12.01 a	124.69±10.46 a	136.95±6.50 a
	T2	225.75±12.70 ab	187.43±14.13 a	118.77±8.64 ab	127.76±6.60 b
	T3	204.79±12.59 b	172.65±12.56 b	115.34±5.01 b	119.94±6.44 c
	T4	208.16±10.16 ab	165.71±12.66 b	109.58±5.03 b	117.89±3.64 c

注:表内数据为平均值±标准差;数据后不同小写字母表示同年内不同处理结果之间在  $P<0.05$  水平上存在显著性差异。

#### 2.5 不同硝酸铵施用量对金叶女贞叶片蒸腾速率的影响

施用硝酸铵使金叶女贞叶片蒸腾速率表现出升高的变化趋势(见表 5)。2020 年,4—7 月,T4 处理蒸腾速率始终处于最高值,显著高于对照,T3 低于 T4,无显著差异,T3 显著高于对照;4 月,T3 与 T2 之间无显著差异,T2 仅在 6 月显著高于对照。2021

年,整个试验期间 T3 与 T4 之间无显著差异,表明硝酸铵施用量从 T3 提高至 T4 并未对金叶女贞叶片蒸腾速率产生显著影响;5—7 月,T3 显著高于 T2,表明硝酸铵施用量从 T2 提高至 T3 显著提高了金叶女贞叶片蒸腾速率;6—7 月,T2 显著高于对照,表明该处理在 6—7 月具有显著提高蒸腾速率的作用。

表 5 不同硝酸铵施用量对金叶女贞叶片蒸腾速率的影响

mmol/(m<sup>2</sup>s)

年份	处理	4 月	5 月	6 月	7 月
2020	T1	1.25±0.10 b	1.46±0.06 b	1.68±0.09 c	1.76±0.10 b
	T2	1.31±0.07 ab	1.52±0.07 b	1.79±0.10 b	1.83±0.12 b
	T3	1.42±0.06 a	1.63±0.08 a	1.93±0.11 a	1.91±0.11 a
	T4	1.39±0.09 a	1.68±0.09 a	1.98±0.08 a	1.95±0.14 a
2021	T1	1.42±0.04 b	1.53±0.10 c	1.86±0.10 c	2.03±0.10 c
	T2	1.53±0.05 ab	1.58±0.12 bc	1.97±0.12 b	2.13±0.13 b
	T3	1.66±0.06 a	1.72±0.16 a	2.23±0.16 a	2.36±0.25 a
	T4	1.62±0.08 a	1.75±0.11 a	2.12±0.11 a	2.43±0.14 a

注:表内数据为平均值±标准差;数据后不同小写字母表示同年内不同处理结果之间在  $P<0.05$  水平上存在显著性差异。

### 3 讨论

氮是植物生长发育必需的营养元素,充足的氮元素供应对维持作物新陈代谢和生长发育具有重要的作用<sup>[12]</sup>。硝酸铵是重要的速效氮肥,在植物生长季节追施硝酸铵可以显著促进植物生长,增加株高<sup>[13]</sup>。本试验结果表明,施用硝酸铵增加了金叶女贞的株高,这与硝酸铵对早熟禾生长的研究结果一致<sup>[14]</sup>,这可能是因为硝酸铵改善了土壤肥力状况,从而促进了金叶女贞生长,使株高增加。从不同月株高变化来看,4月T3仅在2021年与对照存在差异,2020年无显著差异,但是5月至7月,T3均显著高于对照,这说明早春3月1日施肥处理对金叶女贞株高生长产生的影响在不同年份不同,这与早熟禾上的研究结果一致<sup>[12]</sup>,原因可能与不同年份的温度、降水等外界环境条件差异有关。2020年6月T3显著高于T2,这与5月情况不同,这可能与T3与T2相比,能更好地促进旺盛生长期金叶女贞的生长有关;而在2021年7月,T4显著高于T3,这与4、5、6月不同,也与2020年结果不同。分析原因认为较高的氮肥施用量,更有利于降水丰富和温度较高的7月金叶女贞生长。

光合作用是植物将光能转化为化学能的过程,净光合速率的升高有利于植物转化更多的光能,从而促进植物生长<sup>[15]</sup>。生长季节追施氮肥可以提高PSⅡ中心稳定性,提高光合作用过程中电子传递能力,增强植物光合能力<sup>[16]</sup>。植物光合能力的提高会使植物获得更多的光合产物,提高植物氧化磷酸化途径关键基因的表达,使更多的光能转化为ATP,显著促进植物生长和提高干物质积累量<sup>[11]</sup>。本研究中,施用硝酸铵显著提高了金叶女贞的净光合速率,有利于植株在单位时间内合成更多的光合产物,显著促进株高生长<sup>[11]</sup>。

植物光合作用过程中同化的CO<sub>2</sub>主要从气孔进入叶片中,所以气孔导度高低成为了限制CO<sub>2</sub>交换的重要因素<sup>[17]</sup>。气孔导度的升高有利于提高CO<sub>2</sub>交换能力,有利于满足植物光合作用中对CO<sub>2</sub>的需要。本研究中,施用硝酸铵显著提高了金叶女贞气孔导度,这与张帆等<sup>[18]</sup>的研究结果一致,表明气孔导度升高也是金叶女贞光合速率升高的重要原因<sup>[19]</sup>。净光合速率的升高有利于植物同化更多的二氧化碳,从而导致胞间CO<sub>2</sub>浓度的降低<sup>[20]</sup>。本试验中,随着硝酸铵施用量的增加,金叶女贞叶片内

胞间CO<sub>2</sub>浓度表现出降低的变化,这与施用硝酸铵处理的净光合速率升高消耗CO<sub>2</sub>量增加有关<sup>[21]</sup>。植物光合作用的增强需要蒸腾的水分量也会增加,较高的光合速率通常伴随着较高的蒸腾速率<sup>[22]</sup>。本研究中,施用硝酸铵提高了金叶女贞蒸腾速率,这与王佳等<sup>[23]</sup>的研究结果相似,表明施用硝酸铵会对金叶女贞蒸腾速率产生显著影响。从不同硝酸铵施用量对金叶女贞生长和光合特性的影响来看,硝酸铵施用量从10g/株提高至15g/株时,并不会对金叶女贞生长和光合特性产生明显的促进作用,这是否与施肥量差异较小有关还有待于进一步研究<sup>[24]</sup>;而硝酸铵施用量从5g/株提高至10g/株时显著促进了金叶女贞生长,这可能与硝酸铵施用量为10g/株较适宜金叶女贞生长有关。

从不同月比较来看,7月,T3光合速率显著高于T2,这与4、5、6月明显不同,分析原因这可能与7月正值植物旺盛生长期,不同的氮肥施用量对光合速率产生了显著影响,从而显著影响了光合产物数量<sup>[9]</sup>,对株高生长产生显著影响。气孔导度、蒸腾速率、胞间CO<sub>2</sub>浓度不同月变化情况与光合速率一致,这也说明不同施肥处理对金叶女贞生长和光合特性的影响在旺盛生长期表现最明显,而在缓慢生长期差异并不显著。

### 4 结论

(1)金叶女贞追施硝酸铵有利于促进植株生长和增加株高;不同施用量比较认为,硝酸铵施用量为10g/株时显著优于5g/株处理。

(2)金叶女贞施用硝酸铵会提高叶片净光合速率、蒸腾速率、气孔导度,降低胞间CO<sub>2</sub>浓度,其中10g/株处理优于5g/株,施肥量从10g/株提高至15g/株不会对金叶女贞光合特性产生显著影响。

(3)金叶女贞硝酸铵施用量以10g/株为宜。

#### 参考文献:

- [1] 卢凤莲.彩叶植物在园林景观配置中的应用探析[J].花卉,2019(2):68-69.
- [2] 贾正民.沼肥对金叶女贞生长及生理特性的影响[J].中国农学通报,2020,36(6):24-29.
- [3] 马想,张浪,黄绍敏,等.上海城市绿地土壤研究现状及问题[J].江苏农业科学,2021,49(8):61-68.
- [4] 张吉立.不同氮磷肥施用量对城市景观草坪生长与养分吸收的影响[J].中国土壤与肥料,2014(6):63-66.
- [5] 王兴军.根外追肥对新疆杨叶片内叶绿素含量及保护酶活性

的影响[J].山东林业科技,2014,44(1):31-33,24.

[6] 王丽芳.叶面喷施氮肥对油松生长及电导率、丙二醛含量的影响[J].山东林业科技,2014,44(4):64-66.

[7] 冯海华.生长季节追肥对紫叶李生长及保护酶活性的影响[J].山东林业科技,2019,49(4):75-78.

[8] 李红霞.根外追肥对紫丁香叶片几种渗透调节物质含量的影响[J].江苏林业科技,2019,46(3):6-9,13.

[9] 宋丽华,谢 飞.不同配方施肥对 4 种园林植物幼树生长的影响[J].西北林学院学报,2013,28(2):26-31.

[10] 郝瑞娟.城市污泥施肥对绿化苗木生长生理特性的影响[J].山西农业科学,2015,43(8):972-975,994.

[11] ZHANG J L, WANG P, JI J F, et al. Transcriptome analysis reveals the molecular mechanism of yield increases in maize under stable soil water supply[J]. PLoS ONE, 2021, 16(9): e0257756.

[12] 王宇坤,张 敏,孟晓伟,等.低氮胁迫对谷子苗期光合指标及生理性能的影响[J].山西农业科学,2021,49(12):1483-1490.

[13] 张吉立.硝酸铵配施有机肥对观赏草坪质量的影响[J].河北科技师范学院学报,2020,34(2):25-30,37.

[14] 张吉立.不同硝酸铵处理对草地早熟禾叶绿素含量及生长的影响[J].草原与草坪,2018,38(5):83-86,92.

[15] 康红梅,宋卓琴,曹冬梅,等.遮荫对两种灌木光合特性及叶绿素荧光参数的影响[J].北方园艺,2021(6):59-65.

[16] 叶义全,罗红艳,李 茂,等.氮素形态对杉木幼苗侧根生长和叶片光合特性的影响[J].西北植物学报,2018,38(11):2036-2044.

[17] 吴焕焕,张 虹,任志红,等.叶面喷施对茶树叶片光合特性及产量的影响[J].山东农业科学,2021,53(6):64-68.

[18] 张 帆,周加森,马 阳,等.水氮调控对冬小麦光合特性和产量的影响[J].中国土壤与肥料,2021(1):70-74.

[19] 邹英武,杜洋文,黄发新,等.不同氮肥浓度对薄壳山核桃苗木光合特性影响[J].湖北林业科技,2021,50(5):1-7.

[20] 袁昌洪,韩 冬,杨 菲,等.氮肥对茶树春季光合、抗衰老特性及内源激素含量的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2016,40(5):67-73.

[21] 赵永平,惠亚云,朱 亚,等.施氮对干旱胁迫紫苏叶绿素含量和光合作用的影响[J].广东农业科学,2019,46(10):63-68.

[22] 翁小航,李 慧,周永斌,等.氮钙协同对杨树生长、光合特性及叶绿素荧光的影响[J].沈阳农业大学学报,2021,52(3):356-361.

[23] 王 佳,慕瑞瑞,贾 彪,等.滴灌水肥一体化不同施氮量对玉米光合特性及产量的影响[J].西南农业学报,2021,34(3):558-565.

[24] 张吉立,刘振平.氮对园林景观草坪生长性状的影响[J].青海农林科技,2018(2):26-29,73.

(上接第 47 页)

续表

目	科	序号	物种名	居留型	分布型	保护等级
雀形目 PASSERIFORMES	燕雀科 Fringillidae	82	金翅雀 <i>Carduelis sinica</i>	留	古	三有
		83	锡嘴雀 <i>Coccothraustes coccothraustes</i>	冬	广	三有
		84	黑尾蜡嘴雀 <i>Eophona migratoria</i>	旅	广	三有
		85	燕雀 <i>Fringilla montifringilla</i>	旅	广	三有
		86	黄雀 <i>Spinus spinus</i>	冬	广	三有
	莺科 Sylviinae	87	强脚树莺 <i>Cettia fortipes</i>	留	广	三有
		88	极北柳莺 <i>Phylloscopus borealis</i>	冬	广	三有
		89	黄眉柳莺 <i>P. iornatus</i>	旅	广	三有
		树莺科 Cettiidae	90	棕脸鹟莺 <i>Abroscopus albogularis</i>	夏	广
	噪鹛科 Leiothrichidae	91	画眉 <i>Garrulax canorus</i>	留	广	II 级
		92	黑脸噪鹛 <i>G. perspicillatus</i>	留	广	三有
	长尾山雀科 Aegithalidae	93	银喉长尾山雀 <i>Aegithalos caudatus</i>	留	广	三有
		94	红头长尾山雀 <i>A. concinnus</i>	留	广	三有

注:居留型中,“留”表示该鸟在该地区为留鸟;“夏”代表夏候鸟;“冬”代表冬候鸟;“旅”代表旅鸟,表示该鸟迁徙时途经该地。分布型中,“东”表示在动物区系中该鸟为东洋界鸟种;“古”表示该鸟属于古北界鸟种;“广”表示该鸟属于广布种。保护等级中,“三有”即国家保护的有重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物;“II 级”即《国家重点保护野生动物名录》中国家二级保护动物。