

# 吲哚乙酸和矮壮素对苦草种子萌发和矮化特征的影响

徐恩兵, 余平, 朱志强 (南京中科水治理股份有限公司, 江苏南京 210016)

**摘要** [目的]提高富营养化水体中的苦草沉水植物群的净化效率,避免修复后的苦草种群过度性生长。[方法]用0(CK)、50、100、150、200、250、300 mg/L的吲哚乙酸(IAA)溶液处理苦草种子24 h,研究种子的萌发率与后期幼苗的生长状况,以及0(CK)、0.01、0.02、0.10、0.20、0.50、0.75、1.00、1.25 g/L的矮壮素溶液对培育出的苦草矮化特征的影响。[结果]苦草种子的最大萌发率为58%。150 mg/L的IAA溶液处理24 h对苦草种子的萌发、幼苗株高的促进效果最好,而高浓度IAA(300 mg/L)对苦草种子萌发和幼苗株高有一定的抑制作用。不同浓度的矮壮素处理苦草后的矮化特征差异性明显( $P < 0.05$ ),其中0.02、0.10、0.20、0.50、0.75、1.00、1.25 g/L处理对苦草的矮化效果较好。矮壮素浓度为0.01~1.25 g/L时,苦草的叶宽、湿重增加明显(4.8%~118.0%);在0.01~0.50 g/L时根冠比增加,但在0.70~1.25 g/L时减小。因此,矮壮素浓度在0.01~0.50 g/L时对苦草的矮化较适宜。[结论]该试验为苦草用于治理富营养化水体的水环境提供技术参考。

**关键词** 富营养化;苦草;吲哚乙酸;矮壮素;矮化;种子萌发

中图分类号 S482.8 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)36-0041-03

## Effects of IAA and Cycocel on Seed Germination and Dwarfing Characteristics of *Vallisneria spiralis*

XU En-bing, YU Ping, ZHU Zhi-qiang (Nanjing Zhongke Water Environment Engineering Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210016)

**Abstract** [Objective] To enhance the purification efficiency of *Vallisneria spiralis* in eutrophication water body, and to avoid the fast growth of submerged macrophyte. [Method] After using 0(CK), 50, 100, 150, 200, 250 and 300 mg/L IAA solutions to treat *V. spiralis* seeds for 24 h, the seed germination rate and seedling growth situation were researched. We also studied the effects of different concentrations (0, 0.01, 0.02, 0.10, 0.20, 0.50, 0.75, 1.00 and 1.25 g/L) of cycocel on the dwarfing characteristics of *V. spiralis*. [Result] The maximum germination rate of *V. spiralis* was 58%. Seed germination and seedling height was apparently accelerated after treated with 150 mg/L IAA for 24 h. However, 300 mg/L IAA showed certain inhibitory effects on seed germination and seedling height of *V. spiralis*. After treated with different concentrations of cycocel, the plant height of *V. spiralis* showed significant differences ( $P < 0.05$ ). Among them, 0.02, 0.10, 0.20, 0.50, 0.75, 1.00 and 1.25 g/L cycocel treatments showed relatively good dwarfing effects. When cycocel concentration was between 0.01 and 1.25 g/L, leaf width and wet weight enhanced significantly (4.8% - 118.0%). Root-shoot ratio enhanced in 0.01-0.50 g/L cycocel, but reduced in 0.70-1.25 g/L cycocel. Thus, 0.01-0.50 g/L cycocel was more suitable for *V. spiralis* dwarfing. [Conclusion] This research provides technical references for the application of *V. spiralis* in improving water environment with eutrophication water body.

**Key words** Eutrophication; *Vallisneria spiralis*; IAA; Cycocel; Dwarfing; Seed germination

近年来,随着社会的大力发展,大量污水排入河湖,造成了严重的水体外源污染,进而导致河湖泊水体的富营养化,不良水质对于人们的生活和健康状况造成了不同程度的危害。沉水植物对于富营养化的水体能起到良好的治理效果,是将富营养化的湖泊水体恢复成良好水生态环境的有效技术手段之一<sup>[1-2]</sup>,其对TN、TP的去除率分别达到了42%~94%、32%~92%<sup>[3-5]</sup>。苦草(*Vallisneria spiralis*)属水鳖科苦草属沉水植物,是广泛存在于我国河流湖泊水体环境中的一种常见沉水植物,其本身的生理性能具有净化水体的良好功能,能作为一种优势先锋种应用于河湖的水生态环境系统的构建<sup>[6-7]</sup>。

由于透明度低、水体底部厌氧程度高,苦草种子在藻型富营养化的水环境中生长时获得光照强度弱、供氧不足,引起苦草生长不良,发芽率低下。因此苦草种子在藻型富营养化水环境中生长时,缩短萌发时间、促进幼苗生长能有效地避开部分不良水环境对苦草种子生长造成的逆境效应,促进苦草种子的萌发生存比率。沉水植物的生长受温度的影响较大,温度较高时能很好地促进植株的生长,沉水植物在夏季易于疯长,浮于水体表面的过度生长苦草叶片造成了遮光作用,削弱了水体内部的光照,引起对水环境中其他水生植藻类生长的遏制作用。与此同时,存在于水体表面的能量和

相应的物质交换作用也不同程度地受到了抑制,对存在于水底的植物造成了严重的不良光合作用,最终导致水体的各项水质数据恶化。

吲哚乙酸(IAA)在种子萌发和幼苗成长方面表现出了良好的促进效果,但IAA用于提高沉水植物种子生长性能方面的提升作用研究较少<sup>[8-9]</sup>。目前生长调节素对植株影响的研究多集中在陆生植物,而对于沉水植物方面的植株矮化特征的影响研究较少<sup>[10]</sup>。鉴于此,该研究配置不同浓度的IAA水溶液对苦草种子进行浸泡处理作用,考察不同浓度的IAA水溶液对种子发芽率以及幼苗生长状况的影响,以及不同浓度的矮壮素水溶液对由IAA水溶液培养得到的苦草植株矮化特征的影响,以期对苦草用于治理富营养化水体的水环境提供技术参考。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 催芽试验用苦草种子购于成都种子子公司。试验用于培养苦草种子的塑料盆铺厚约10 cm的湖泥。塑料盆置于20 L的水桶内,水桶内注水10 L,试验开始前培养盆已静置24 h。矮壮素试验用苦草植株源于前期苦草种子萌发培养出的植株,挑选的苦草生长状态良好、性状基本一致,株高均为25.00 cm。

## 1.2 方法

**1.2.1 催芽试验。**纯度99%的IAA配置成50、100、150、200、250、300 mg/L的溶液,以0 mg/L为对照组(CK)。适量的苦草种荚分别浸泡于上述配置的溶液24 h后,清洗脱皮洗

净表层粘液获取苦草种子,每个浓度浸泡的种子选取50粒插入事先制备的塑料盆的湖泥中约1.00 cm深处,再将塑料盆置于水桶中培养。每处理设3次重复,每5 d记录1次发芽数,35 d后结束试验,计算累积发芽率并统计苦草株高。

**1.2.2 矮壮素试验。**选取催芽试验获得的苦草移植到透明乙烯桶内(桶内置厚度约10 cm湖泥),每桶3株,选取的苦草初始长度均修剪至25.00 cm。加入由矮壮素配置而成的0.01、0.02、0.10、0.20、0.50、0.75、1.00、1.25 g/L水溶液,以及空白对照0 g/L(CK),每处理设3次重复,桶内水深均为70.00 cm(试验中通过添加纯水的方式以维持桶内水深)。每隔1 d测定苦草株高,30 d后测定苦草叶宽、根长、根冠比、湿重。

**1.3 数据分析** 采用Excel软件进行数据统计并结合Origin软件作图。通过SPSS 19.0软件对试验数据进行相关的单因素方差分析(ANOVA),通过Duncan法对试验数据进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 IAA对苦草种子萌发的影响

**2.1.1 苦草种子发芽率。**由图1可知,苦草种子经IAA水溶液处理后,对发芽率的促进效果明显。除300 mg/L IAA处理外,其余各处理均对苦草种子的萌发率产生了一定的促进作用;而当溶液浓度达300 mg/L时,不仅未对苦草种子的萌发生产生一定的促进作用,相反遏制了种子的萌发,其累积发芽率低于CK。由单因素方差分析可知,不同浓度的IAA处理均能对苦草种子的萌发生产生显著影响( $P < 0.05$ )。其中,150 mg/L IAA水溶液促进萌发比率效果最好,100 mg/L IAA对萌发比率的促进效果次之。50、200、250 mg/L IAA水溶液处理得到的苦草种子在生长20 d后,种子萌发率显著提高。而300 mg/L IAA水溶液对种子萌发率有显著抑制作用。因此,通过IAA水溶液对苦草种子进行前置处理时,浓度为150 mg/L的IAA水溶液浸泡苦草种子24 h后发芽率最高,相较于其他浓度处理促进作用最明显。

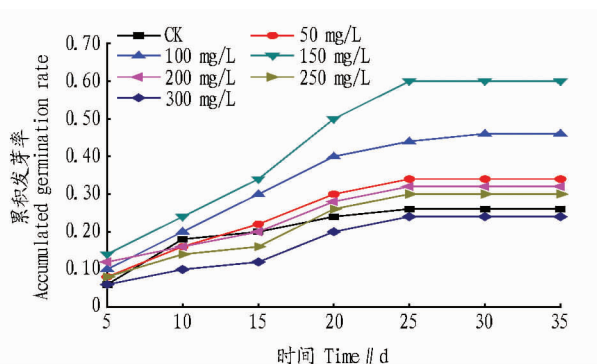
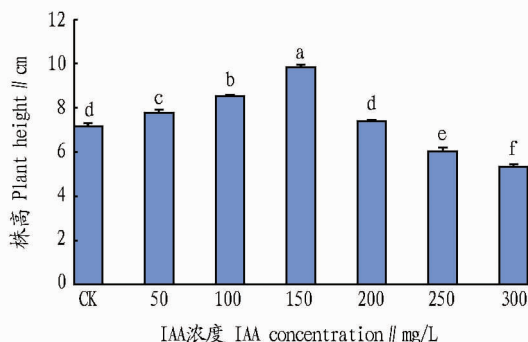


图1 IAA浓度对苦草种子各时间段累积发芽率的影响

Fig.1 Effects of IAA concentration on the accumulated germination rate of *V. spiralis* seeds in different time periods

**2.1.2 苦草幼苗株高。**由图2可知,不同浓度的IAA水溶液处理中,苦草株高与对照组之间差异明显。其中,50、100、150 mg/L处理的苦草株高明显高于对照组( $P < 0.05$ ),200 mg/L处理的苦草株高与对照组之间差距不大,不存在明

显差异,而250、300 mg/L处理的苦草株高明显小于对照组。



注:不同小写字母表示在0.05水平上差异显著。

Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level.

图2 IAA浓度对苦草幼苗株高的影响

Fig.2 Effects of IAA concentration on plant height of *V. spiralis* seedlings

### 2.2 矮壮素对苦草矮化特征处理的影响

**2.2.1 苦草株高。**由图3可知,6月28日—7月7日(前期),对照组(CK)苦草植株高度净增长20.60 cm,而0.01、0.02、0.10、0.20、0.50、0.75、1.00、1.25 g/L处理分别增加了18.60、13.60、12.50、13.20、11.70、11.20、10.80、8.90 cm。各浓度的矮壮素处理均对株高的升高造成了一定的阻碍作用。7月7—17日(中期),CK处理的苦草株高增加了22.20 cm,0.01 g/L处理株高增加了21.60 cm,而其他浓度处理的株高增长量均在16.00 cm以下;7月17—27日(后期),相比于试验前期和中期,各矮壮素浓度组的增长量较小。由单因素方差分析可知,不同浓度的矮壮素溶液对苦草植株高度的影响显著( $P < 0.05$ )。CK处理的苦草株高为(75.08 ± 3.81) cm,各浓度的矮壮素溶液均造成了苦草植株不同程度地变矮。0.01 g/L处理的苦草株高为73.05 cm;0.02、0.10、0.20、0.50、0.75、1.00、1.25 g/L处理的平均株高均在50.00 cm左右,低于CK的株高,尤其是0.75、1.00、1.25 g/L处理株高均低于48.00 cm。

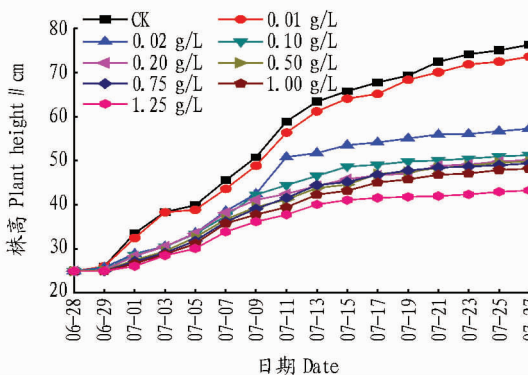
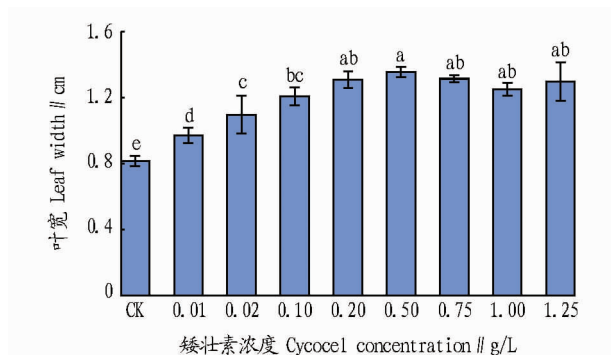


图3 不同日期矮壮素浓度对苦草株高的影响

Fig.3 Effects of cycocel concentration on plant height of *V. spiralis* in different dates

**2.2.2 苦草叶宽。**对苦草叶宽进行单因素方差分析可知,不同浓度的矮壮素溶液对苦草叶宽的影响显著( $P < 0.05$ )

(图4)。CK 的苦草叶宽最小,仅为 $(0.81 \pm 0.03)$  cm,各处理矮壮素浓度均使苦草叶宽增加。0.01 g/L 处理的苦草叶宽仅为 $(0.96 \pm 0.04)$  cm,与其他浓度处理的苦草叶宽相比明显较窄。0.01、0.02、0.10、0.20、0.50、0.75、1.00、1.25 g/L 处理下生长得到的苦草叶宽均在 1.00 cm 以上,其中 0.50 g/L 处理的苦草叶宽增加量最大,达 $(1.35 \pm 0.03)$  cm。



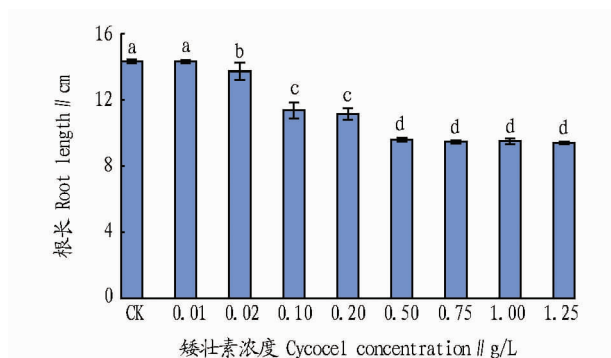
注:不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level.

图 4 矮壮素浓度对苦草叶宽的影响

Fig. 4 Effects of cycocel concentration on leaf width of *V. spiralis*

**2.2.3 苦草植株的根长、根冠比。**单因素方差分析表明,矮壮素对苦草根长影响显著( $P < 0.05$ ) (图5),CK 处理根长最长,为 $(14.32 \pm 0.13)$  cm。0.01 g/L 水溶液处理的苦草根长与 CK 差异不显著,其根长为 $(14.27 \pm 0.08)$  cm,因此 0.01 g/L 浓度处理对苦草根长的影响很小,可忽略不计。其中 0.02、0.10、0.20、0.50、0.75、1.00、1.25 g/L 处理的根长为 13.62 ~ 9.45 cm,比其他 2 个处理的苦草根长短。因此,苦草根部的生长受矮壮素浓度的影响较大,高浓度矮壮素对根部生长的抑制作用较大,其根部生长缓慢,长度较短。



注:不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

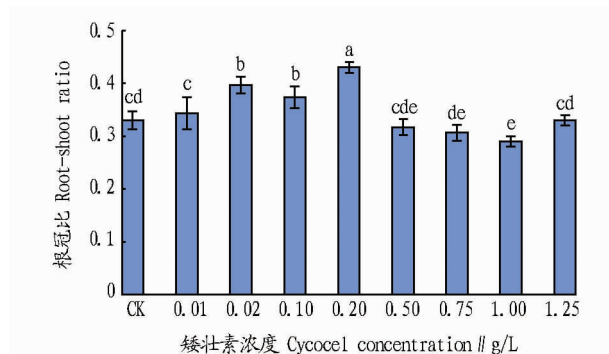
Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level.

图 5 矮壮素浓度对苦草根长的影响

Fig. 5 Effects of cycocel concentration on root length of *V. spiralis*

由图 6 可知,不同浓度矮壮素处理对根冠比的影响显著( $P < 0.05$ )。0.01、0.02、0.10、0.20、0.50 g/L 处理的苦草根冠比显著高于 CK 处理,而 0.75、1.00、1.25 g/L 处理显著低

于 CK 处理。因此,当矮壮素水溶液浓度高于 0.75 g/L 时,苦草根冠比显著低于其他浓度处理。同时还观察到 0.01、0.02、0.10、0.20、0.50 g/L 处理的苦草根呈现良好的白色,而其他处理,尤其是 1.00、1.25 g/L 的根呈现出微弱的淡黄色,有轻微的老化现象。



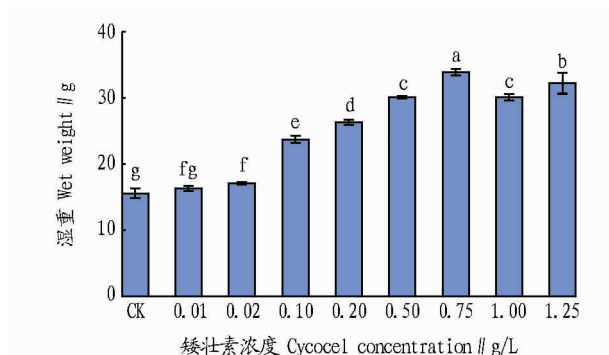
注:不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level.

图 6 矮壮素浓度对苦草根冠比的影响

Fig. 6 Effects of cycocel concentration on root-shoot ratio of *V. spiralis*

**2.2.4 苦草湿重。**由单因素方差分析可知,不同浓度的矮壮素对苦草湿重的影响差异性显著( $P < 0.05$ ) (图7)。CK 的苦草总量显著小于各浓度矮壮素水溶液处理,其湿重仅为 $(15.57 \pm 0.73)$  g。各浓度处理的苦草湿重相较于 CK 都有不同程度增加,其增加量为 4.8% ~ 118.0%。各浓度处理苦草湿重与 CK 存在显著差异。



注:不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level.

图 7 矮壮素浓度对苦草湿重的影响

Fig. 7 Effects of cycocel concentration on wet weight of *V. spiralis*

### 3 结论

(1) 自然状态下的苦草种子萌发比率较低,低于 70%,并且各个种子的萌发时间参差不齐,整体萌发所需要的时间较长,甚至可长达 49 ~ 56d<sup>[11-12]</sup>。该试验得到的相关结果与之吻合,并且苦草种子的发芽存在于整个试验过程中,其最大萌发率出现在试验的第 35 天,达 58%。苦草种子经

(下转第 51 页)

**4.3 品质优良** 根据农业部食品质量监督检验测试中心 2012—2015 年检测,米质理化指标为糙米率 84.8% ~ 86.7%,精米率 71.4% ~ 77.2%,整精米率 65.6% ~ 73.2%,

垩白粒率 18.0% ~ 37.0%,垩白度 2.7% ~ 5.1%,胶稠度 60 ~ 82 mm,直链淀粉含量 15.9% ~ 19.3% (表 5),达到国标 3 级优质稻谷标准<sup>[5]</sup>。

表 5 华粳 8 号稻米品质检测结果

Table 5 Detection results of rice quality of China Japonica 8

年份 Year	试验组别 Test group	糙米率 Coarse rice rate %	精米率 Milled rice rate %	整精米率 Head rice rate %	垩白粒率 Chalky grain rate %	垩白度 Chalkiness degree %	直链淀粉 Amylose %	胶稠度 Gel consi- stency mm	粒长 Grain length mm	长宽比 Length- width ratio	碱消值 Alkali spreading value	透明度 Transp- arency	国标等级 National standard level
2012	江苏省淮南迟播预试	86.7	77.2	73.2	27.0	2.7	15.9	82.0	4.9	1.7	6.2	2.0	优 3
2013	江苏省淮南迟播区试	84.8	73.4	67.8	37.0	3.7	16.2	75.0	4.9	1.8	6.2	2.0	/
2014	江苏省淮南迟播区试	85.2	72.3	66.1	18.0	3.2	19.3	60.0	4.8	1.8	6.9	1.0	优 3
2015	江苏省淮南迟播生试	85.5	71.4	65.6	32.0	5.1	18.3	65.0	5.3	1.8	6.7	1.0	/
平均 Average		85.6	73.6	68.2	28.5	3.7	17.4	70.5	5.0	1.8	6.5	1.5	

## 5 栽培技术

**5.1 适期播种,培育壮秧** 一般在 5 月下旬播种,并按实际移栽分期播种,最迟不超过 6 月 15 日播种,大田用种量 45 ~ 60 kg/hm<sup>2</sup>;机插秧每盘播净种 120 g 左右,播后保持湿润<sup>[6]</sup>。

**5.2 适时移栽,合理密植** 秧龄控制在 20 d 以内,6 月中下旬移栽,机栽密度以 11.6 cm × 29.7 cm 为宜,大田栽插 25.5 万 ~ 28.5 万穴/hm<sup>2</sup>,每穴栽插 3 ~ 4 苗,基本苗 90 万 ~ 120 万/hm<sup>2</sup>。

**5.3 科学肥水管理** 一般施纯氮 300 kg/hm<sup>2</sup> 左右,氮、磷、钾搭配使用,比例为 2:1:1,肥料运筹掌握前重、中稳、后补的施肥原则,茎蘖肥与穗肥比例以 6:4 左右为宜,早施分蘖肥,拔节期稳施氮肥,后期重施保花肥。水浆管理掌握浅水栽插,寸水活棵,薄水分蘖,适当露田,中期搁田后间隙灌溉,干

干湿湿,强秆壮根,后期湿润灌溉,收割前 10 d 断水。

**5.4 病虫害草防治** 播前用药剂浸种防治恶苗病和干尖线虫病等种传病虫害,秧田期和大田期注意灰飞虱、稻蓟马的防治,中、后期要综合防治纹枯病、螟虫、稻飞虱等。

## 参考文献

(上接第 43 页)

150 mg/L 的 IAA 水溶液处理后,其发芽率和幼苗生长的高度明显优于其他处理,IAA 水溶液对其生长促进作用最明显。300 mg/L 甚至更高浓度的 IAA 水溶液不利于苦草种子的萌发和后续幼苗的生长,甚至对其产生了一定的阻碍作用。

(2) 试验结果表明,不同浓度的矮壮素水溶液对苦草植株的生理特征具有一定的抑制效应,其中 0.02、0.10、0.20、0.50、0.75、1.00、1.25 g/L 水溶液处理对苦草植株的生长产生了良好的抑制作用。水溶液浓度在 0.01 ~ 1.25 g/L 时,对苦草植株的叶宽、湿重影响显著,其增加量比例达 4.8% ~ 118.0%;水溶液浓度在 0.01 ~ 0.50 g/L 时,苦草植株的根冠比显著高于 CK,并且根部的生长状态优良;水溶液浓度在 0.70 ~ 1.25 g/L 时,苦草植株的根冠比小于 CK,并且其植株根部出现了发黄的现象。因此,矮壮素水溶液浓度 0.01 ~ 0.50 g/L 时,对苦草生长的生理指标产生良好的综合抑制效果,即有良好的矮化效果。

## 参考文献

[1] 刘旭富,石青. 五种水生植物对富营养化水体净化能力的研究[J]. 北

- [1] 周凤明,王俊仁,吕宏飞,等. 抗梭条花叶病品种华麦 6 号的选育与应用[J]. 江苏农业科学,2014,42(11):103-105.
- [2] 周凤明,王子明,解晓林,等. 高产优质多抗小麦新品种华麦 5 号的选育与应用[J]. 江苏农业科学,2012,40(4):112-113.
- [3] 潘存红,李爱宏,余玲,等. 优质迟熟中粳新品种扬粳 805 的选育与利用[J]. 江苏农业科学,2015,43(3):53-55.
- [4] 王小虎,钟卫国,端木银照,等. 粳稻新品种常农粳 7 号的选育及高产栽培技术[J]. 江苏农业科学,2013,41(12):108-109.
- [5] 王才林,张亚东,朱镇,等. 优良食味粳稻新品种南粳 9108 的选育与利用[J]. 江苏农业科学,2013,41(9):86-88.
- [6] 方兆伟,樊继伟,李健,等. 水稻新品种连粳 7 号的选育及应用[J]. 江苏农业科学,2012,40(3):93-94.

- [1] 方园艺,2012(22):54-56.
- [2] 胡彦春,魏铮,洪剑明. 两种水生植物净化生活污水的影响因素研究[J]. 北方园艺,2008(6):31-33.
- [3] 王丽娜,李燕,张瑞雷. 6 种沉水植物系统对淀山湖水质净化效果的研究[J]. 农业环境科学学报,2008,27(3):1134-1139.
- [4] 王文林,王国祥,李强,等. 菹草-伊乐藻群落对富营养化水体水质的净化效果[J]. 南京师范大学学报(自然科学版),2006,29(4):111-116.
- [5] 黄子贤,张饮江,马海峰,等. 4 种沉水植物对富营养化水体氮磷的去除能力[J]. 生态科学,2011,30(2):102-106.
- [6] 陈开宁,竺策介,史龙新,等. 苦草繁殖生态学[J]. 植物生态学报,2006,30(3):487-495.
- [7] 许宽,刘波,王国祥,等. 苦草(*Vallisneria spiralis*)对城市缓流河道黑臭底泥理化性质的影响[J]. 环境科学,2013,34(7):2642-2649.
- [8] 于翠玲,李明. 6-BA 和 KT 对设施黄瓜幼苗生长的影响[J]. 内蒙古农业大学学报,2009,30(1):29-31.
- [9] 王非,王金侠,李强,等. GA<sub>3</sub> 和 IAA 处理对 4 种铁线莲种子萌发的影响[J]. 草业科学,2014,31(4):672-676.
- [10] 欧春青,姜淑琴,王斐,等. 果树矮化机理的研究进展[J]. 浙江农业科学,2010(3):487-491.
- [11] 袁龙义,江林枝. 不同盐度对苦草、刺苦草和火车前种子萌发的影响研究[J]. 安徽农学通报,2008,14(17):77-79.
- [12] 韩翠敏,胡庚,武涛,等. 不同水体条件和基质类型对苦草(*Vallisneria spiralis* L.) 种子萌发的影响[J]. 生态学杂志,2014,33(6):1515-1519.