

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2020.03.009

周影, 魏启舜, 管永祥, 等. 播种量对晚播紫云英生长及养分积累的效应. 土壤, 2020, 52(3): 482–486.

## 播种量对晚播紫云英生长及养分积累的效应<sup>①</sup>

周影<sup>1</sup>, 魏启舜<sup>1</sup>, 管永祥<sup>2</sup>, 陈震<sup>2</sup>, 王琳<sup>1\*</sup>, 郭成宝<sup>1</sup>, 文蔚明<sup>1</sup>

(1 江苏丘陵地区南京农业科学研究所, 南京 210046; 2 江苏省农业技术推广总站, 南京 210036)

**摘要:** 大田试验条件下, 研究了不同播种量(22.5 ~ 75.0 kg/hm<sup>2</sup>)对晚播紫云英生长状况、产草量以及养分积累等的影响。结果表明: 随着播种量的增加, 紫云英每公顷株数显著增加; 播种量在 30.0 ~ 75.0 kg/hm<sup>2</sup> 范围内单株鲜重和干重随播种量增加而降低; 不同处理单株分枝数差异不显著。鲜草和干草产量随播种量的增加呈先增加后减少的趋势, 播种量为 45.0 kg/hm<sup>2</sup> 的处理产草量最高, 鲜草和干草产量分别为 48.34 t/hm<sup>2</sup> 和 5.70 t/hm<sup>2</sup>。不同播种量处理的植株地上部碳、氮、磷、钾含量差异不显著, 其养分积累量随播种量的增加则先增加后减少, 播种量为 45.0 kg/hm<sup>2</sup> 时紫云英养分积累量最高, 继续增加播种量则差异不显著。综上, 晚播紫云英的适宜播量为 45.0 kg/hm<sup>2</sup>, 即可获得较高的产草量及养分积累量。

**关键词:** 紫云英; 晚播; 播种量; 产草量; 养分积累量

中图分类号: S-3 文献标志码: A

## Effects of Different Sowing Rates on Growth and Nutrient Accumulation of Later-sown Chinese Milk Vetch

ZHOU Ying<sup>1</sup>, WEI Qishun<sup>1</sup>, GUAN Yongxiang<sup>2</sup>, CHEN Zhen<sup>2</sup>, WANG Lin<sup>1\*</sup>, GUO Chengbao<sup>1</sup>, WEN Weiming<sup>1</sup>

(1 Nanjing Institute of Agricultural Sciences in Jiangsu Hilly Area, Nanjing 210046, China; 2 Agricultural Technology Extension Station of Jiangsu Province, Nanjing 210036, China)

**Abstract:** A field experiment was conducted to study the effects of different sowing rates (22.5, 30.0, 37.5, 45.0, 52.5, 60.0 and 75 kg/hm<sup>2</sup>) on the growth, grass yield and nutrient accumulation of late-sowing Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus*L.). The results showed that with the increase of sowing rate, the number of emerged seedling per hectare increased significantly, however, the fresh and dry weights per plant decreased with the increase of sowing rate in the range of 30.0–75.0 kg/hm<sup>2</sup>, and there was no significant difference in the number of branches per plant among different treatments. Fresh and dry yields increased at first and then decreased with the increase of the sowing rate. The highest yield of(48.34 t/hm<sup>2</sup>for fresh yield and 5.70 t/hm<sup>2</sup>for dry yield)was obtained when the sowing rate was 45.0 kg/hm<sup>2</sup>.The contents of C, N, P and K in the shoots were insignificantly different between different treatments, while nutrient accumulation was increased in the beginning and then decreased with the increase of sowing rate. The highest nutrient accumulation was obtained when the sowing rate was 45.0 kg/hm<sup>2</sup>, and no significant difference was found when sowing rate increasing further. Therefore, it is concluded that the suitable sowing rate of *A. sinicus* in late sowing is 45.0 kg/hm<sup>2</sup> which can get the higher grass yield and nutrient accumulation.

**Key words:** *Astragalus sinicus* L.; Late sowing; Sowing rate; Yield; Nutrient accumulation

长期大量单施化学肥料导致耕地质量变差、面源污染严重、农产品质量下降等突出问题, 已成为制约我国农业生产可持续发展的重要因素。诸多研究表明, 有机无机配施可提高肥料利用率, 改善土壤生物性状, 增加土壤有机质活性部分的比例<sup>[1-3]</sup>。绿肥作为一种重要的有机肥源, 具有提高土壤肥力、改善土

壤环境质量、促进作物生长等功能<sup>[4-5]</sup>。发展绿肥是建立良好农业生态系统的一项重要环节<sup>[6]</sup>。紫云英作为主要的稻田豆科绿肥作物<sup>[7]</sup>, 因其具有固氮能力强、生长发育快、能显著改善土壤和促进植物生长发育等特点<sup>[8-11]</sup>, 成为江苏地区水稻轮作绿肥的主栽品种。然而生产实际中发现, 由于种质资源的短缺, 使

①基金项目: 国江苏现代农业(水稻)产业技术体系轮作休耕创新团队项目(JATS [2019] 336)资助。

\* 通讯作者(wanglin0421nj@163.com)

作者简介: 周影(1983—), 女, 江苏铜山人, 硕士, 助理研究员, 主要从事农业废弃物资源化利用、土肥等方面研究。E-mail:JJDD010@126.com

得紫云英种子价格普遍较高,增加了农民的种植成本,影响种植积极性。播种量显著影响作物产量<sup>[12-13]</sup>,明确紫云英的适宜播种量,对获得高产和节约种子具有双重意义。

前人研究主要围绕播种量对鲜草产量及种子产量的影响,而对紫云英养分积累效应的研究报道较少;并且,紫云英的播期均在正常播种时间内(10月上旬之前)<sup>[14-16]</sup>,而对晚播紫云英(10月中旬以后)影响的研究未见文献报道。近年来,随着江苏水稻主导品种布局调整以及农业气候资源总体变化等<sup>[17]</sup>因素的影响,使得水稻收获期推迟,轮作绿肥迟播现象普遍。本试验以江苏中部地区绿肥-水稻轮作方式为对象,选取了主栽绿肥品种紫云英为试验作物,设置7个播种量(22.5~75.0 kg/hm<sup>2</sup>),研究了不同播种量对晚播轮作紫云英生长状况、鲜草产量、干草产量以及养分积累情况等的影响,以期对江苏地区水稻种植制度下晚播紫云英适宜播种量的选择提供指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试紫云英为高秆大叶品种,由市场上购得。

### 1.2 试验设计

试验于2018—2019年在江苏省句容市茅山风景区墓东村潘庄实施,前茬水稻品种为南粳5055。田间试验条件下,设置7个播种量处理:22.5、30.0、37.5、45.0、52.5、60.0、75.0 kg/hm<sup>2</sup>。每处理3次重复,小区面积22.5 m<sup>2</sup>,采用随机区组排列。N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O肥料用量均为45 kg/hm<sup>2</sup>,追施。2018年10月23日播种,紫云英生长期根据气候情况和土壤水分状况进行排灌管理。2019年4月25日,花期取样调查紫云英生长状况和养分含量。

### 1.3 测定项目及方法

紫云英生长状况:每小区按S型曲线随机取样10株调查生长指标(株高、分枝数、单株鲜重和干重);每小区随机取20 cm × 20 cm的样方各1个调查株数;各处理随机取3个1 m<sup>2</sup>的样方测量鲜草产量及干草产量。

植株全碳含量采用重铬酸钾容量法-外加热法测定;植株样品经H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>消煮,微量凯氏定氮法测定氮含量,钼锑抗比色法测定磷含量,火焰光度计法测定钾含量<sup>[18]</sup>。养分积累量 = 干物质量 × 养分含量。

### 1.4 数据处理

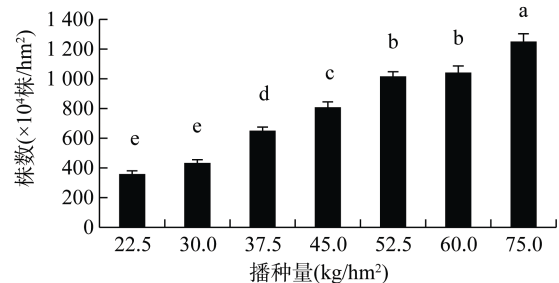
运用Excel 97-2003和SPSS19.0软件进行数据处

理和统计分析,并作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 播种量对紫云英植株生长状况的影响

不同播种量对紫云英单位面积植株数的影响结果显示(图1),单位面积植株数与播种量呈正相关关系,随着播种量(22.5~75.0 kg/hm<sup>2</sup>)的增加,每公顷植株数呈逐渐显著递增趋势。播种量为22.5 kg/hm<sup>2</sup>和30.0 kg/hm<sup>2</sup>的每公顷植株数相差不大,且均显著少于其他播种量处理;播种量大于37.5 kg/hm<sup>2</sup>时,单位面积植株数增加显著;播种量为75.0 kg/hm<sup>2</sup>时每公顷植株数达到峰值,为1251万株,且显著高于其他处理。



(图柱上方不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ ))

图1 不同播种量对紫云英植株数的影响

Fig.1 Effects of different sowing rates on number of *A. sinicus* plants

对花期各播种量处理植株的株高、单株分枝数、单株鲜重及干重等指标进行分析,结果显示(表1),不同播种量处理单株分枝数无明显差异。株高随播种量增加而增高;播种量在30.0~75.0 kg/hm<sup>2</sup>范围内单株鲜重和单株干重随播种量增加而降低,播种量22.5 kg/hm<sup>2</sup>处理单株鲜重和播种量37.5 kg/hm<sup>2</sup>及45.0 kg/hm<sup>2</sup>处理差异不显著,但均显著低于播种量30.0 kg/hm<sup>2</sup>处理;播种量在52.5~75.0 kg/hm<sup>2</sup>范围内,处理间差异不显著,但均显著低于其他处理。播种量22.5 kg/hm<sup>2</sup>和30.0 kg/hm<sup>2</sup>处理单株干重差异不显著,但均显著大于其他处理,播种量大于52.5 kg/hm<sup>2</sup>,单株干重显著降低。

不同播种量对紫云英产草量的影响如表2所示,随着播种量的增加,每公顷鲜草和干草产量均呈先增加后减少的趋势,其中播种量45.0 kg/hm<sup>2</sup>处理产草量最高,鲜草和干草产量分别为48.34 t/hm<sup>2</sup>和5.70 t/hm<sup>2</sup>,且均显著高于播种量37.5 kg/hm<sup>2</sup>及以下的处理。播种量为45.0~75.0 kg/hm<sup>2</sup>处理间差异不显著。播种量22.5 kg/hm<sup>2</sup>处理鲜、干草产量均最低。

表 1 不同播种量对紫云英植株生长状况的影响  
Table 1 Effects of different sowing rates on growth of *A.sinicus*

| 播种量(kg/hm <sup>2</sup> ) | 株高(cm)          | 分枝数(个/株)      | 单株鲜重(g/株)     | 单株干重(g/株)     |
|--------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| 22.5                     | 59.92 ± 2.40 c  | 1.83 ± 0.71 a | 6.26 ± 0.37 b | 0.94 ± 0.07 a |
| 30.0                     | 64.08 ± 2.80 bc | 1.92 ± 0.58 a | 7.63 ± 0.09 a | 0.96 ± 0.02 a |
| 37.5                     | 65.08 ± 1.12 bc | 1.58 ± 0.08 a | 6.46 ± 0.14 b | 0.70 ± 0.02 b |
| 45.0                     | 68.83 ± 0.73 ab | 1.75 ± 0.29 a | 5.98 ± 0.05 b | 0.70 ± 0.03 b |
| 52.5                     | 69.33 ± 3.34 ab | 1.50 ± 0.14 a | 4.45 ± 0.52 c | 0.52 ± 0.01 c |
| 60.0                     | 72.67 ± 2.69 a  | 1.75 ± 0.38 a | 4.51 ± 0.36 c | 0.51 ± 0.01 c |
| 75.0                     | 69.25 ± 1.95 ab | 1.00 ± 0.00 a | 4.07 ± 0.35 c | 0.44 ± 0.07 c |

注:表中数据为平均值 ± 标准差,同列数据小写字母不同表示处理间差异显著( $P < 0.05$ ),下同。

表 2 不同播种量对紫云英产草量的影响  
Table 2 Effects of different sowing rates on yield of *A.sinicus*

| 播种量(kg/hm <sup>2</sup> ) | 鲜草产量(t/hm <sup>2</sup> ) | 干草产量(t/hm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 22.5                     | 22.33 ± 2.31d            | 3.39 ± 0.38 d            |
| 30.0                     | 33.02 ± 1.37 c           | 4.17 ± 0.18 cd           |
| 37.5                     | 41.26 ± 1.28 b           | 4.51 ± 0.15 bc           |
| 45.0                     | 48.34 ± 2.30 a           | 5.70 ± 0.04 a            |
| 52.5                     | 43.86 ± 1.93 ab          | 5.32 ± 0.23 abc          |
| 60.0                     | 45.24 ± 1.49 ab          | 5.35 ± 0.33 ab           |
| 75.0                     | 47.92 ± 3.64 a           | 5.54 ± 0.83 ab           |

## 2.2 播种量对紫云英养分积累的影响

本试验条件下,不同播种量的紫云英植株地上部碳、氮、磷、钾含量均无显著差异,各处理间数值变幅较小。植株地上部养分积累量随播种量增加先增加后减少。其中,播种量 45.0 kg/hm<sup>2</sup>处理植株养分积累量均最大,且均显著高于播种量 37.5 kg/hm<sup>2</sup>及以下的处理。播种量为 45.0 ~ 75.0 kg/hm<sup>2</sup>处理间各养分积累量差异不显著,播种量 22.5 kg/hm<sup>2</sup>处理碳、氮、磷、钾积累量均最少。

表 3 播种量对紫云英地上部养分含量及积累量的影响  
Table 3 Effects of sowing rates on nutrient contents and accumulation in *A.sinicus*

| 指标                         | 播种量(kg/hm <sup>2</sup> ) | 碳               | 氮               | 磷               | 钾                |
|----------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 养分含量(g/kg)                 | 22.5                     | 490.5 ± 9.45 a  | 21.64 ± 1.59 a  | 3.18 ± 0.21 a   | 6.16 ± 0.16 a    |
|                            | 30.0                     | 523.1 ± 18.95 a | 20.53 ± 0.75 a  | 3.04 ± 0.26 a   | 6.17 ± 0.43 a    |
|                            | 37.5                     | 525.5 ± 9.33 a  | 21.50 ± 0.51 a  | 2.90 ± 0.15 a   | 6.81 ± 0.72 a    |
|                            | 45.0                     | 495.9 ± 7.59 a  | 22.43 ± 1.08 a  | 2.82 ± 0.34 a   | 6.99 ± 1.03 a    |
|                            | 52.5                     | 501.9 ± 14.12 a | 20.94 ± 1.15 a  | 2.55 ± 0.18 a   | 5.65 ± 0.35 a    |
|                            | 60.0                     | 503.1 ± 11.29 a | 20.89 ± 0.64 a  | 2.61 ± 0.05 a   | 5.84 ± 0.16 a    |
|                            | 75.0                     | 500.0 ± 13.15 a | 21.13 ± 1.71 a  | 2.83 ± 0.16 a   | 6.65 ± 1.43 a    |
| 养分积累量(kg/hm <sup>2</sup> ) | 22.5                     | 1664 ± 32.04 d  | 73.40 ± 5.38 d  | 10.78 ± 0.70 b  | 20.89 ± 0.53 c   |
|                            | 30.0                     | 2183 ± 79.11 c  | 85.66 ± 3.15 cd | 12.69 ± 1.08 ab | 25.76 ± 1.80 bc  |
|                            | 37.5                     | 2368 ± 42.05 b  | 96.88 ± 4.32 bc | 13.04 ± 0.67 ab | 30.71 ± 3.24 abc |
|                            | 45.0                     | 2826 ± 43.29 a  | 127.8 ± 6.14 a  | 16.07 ± 1.92 a  | 39.82 ± 5.87 a   |
|                            | 52.5                     | 2668 ± 75.05 a  | 111.3 ± 6.08 ab | 11.79 ± 1.10 b  | 30.03 ± 1.85 abc |
|                            | 60.0                     | 2692 ± 60.39 a  | 111.8 ± 3.42 ab | 12.96 ± 1.06 ab | 31.25 ± 0.83 abc |
|                            | 75.0                     | 2768 ± 72.78 a  | 117.0 ± 9.48 a  | 15.65 ± 0.91 a  | 36.82 ± 7.92 ab  |

## 3 讨论

### 3.1 播种量对晚播紫云英植株生长及产草量的影响

播种量影响作物基本苗数。本研究发现,播种量对晚播紫云英单位面积植株数及植株生长的影响是显著的。播种量与单位面积植株数呈正相关关

系,随着播种量的增加,紫云英单位面积植株数显著增加,这一结果与前人研究一致<sup>[15-16]</sup>。播种量 45.0 kg/hm<sup>2</sup>时,每公顷植株数为 808.7 万株,较最大播种量(75.0 kg/hm<sup>2</sup>)每公顷少 441.9 万株,较最小播种量(22.5 kg/hm<sup>2</sup>)每公顷多 450.2 万株。结合单株重及产草量的影响,可以看出,播种量为 45.0 kg/hm<sup>2</sup>时的单位面积植株数较适宜,利于紫云英植株的个体

生长以及总生物量的增加。

播种量影响作物群体密度, 使植株形态产生差异。潘福霞等<sup>[15]</sup>和秦自果等<sup>[16]</sup>研究了湖北地区紫云英品种弋江种不同播种量(7.5 ~ 52.5 kg/hm<sup>2</sup>)的影响, 播种期分别为10月2日和9月28日, 结果显示, 紫云英单株分枝数、单株重随播种量增加而减少。本试验条件下, 不同播种量处理的单株分枝数无明显差异, 这可能与紫云英品种以及播种期不同有关。单株鲜重和单株干重在30.0 ~ 75.0 kg/hm<sup>2</sup>播种量范围内随播种量增加而降低, 播种量22.5 kg/hm<sup>2</sup>处理单株鲜重和干重均小于30.0 kg/hm<sup>2</sup>处理, 这是由于在生产实际中发现, 播种量22.5 kg/hm<sup>2</sup>处理由于紫云英单位面积植株数较少, 田间杂草较多, 从而影响植株生长。本试验条件下, 播种量30.0 kg/hm<sup>2</sup>处理单株鲜、干重均最大, 播种量大于52.5 kg/hm<sup>2</sup>时单株重显著降低。这是由于适宜的播种量可使作物获得较合理的群体密度, 有利于植株生长; 而播种量过大导致群体密度过高时, 个体间相互竞争从而导致植株形态发生相应变化<sup>[19-20]</sup>。

播种量是影响作物产量的最主要因素之一。作物在低密度条件下由于种群个体少, 总体产量较低; 高密度的条件下种群个体占用的空间和资源份额变小, 容易因为个体发育不良而造成减产, 只有在适宜群体构成的条件下才能获得较高产量<sup>[21-22]</sup>。本研究表明, 随着播种量的增加, 每公顷紫云英鲜草和干草产量均呈先增加后减少的趋势, 其中播种量为45.0 kg/hm<sup>2</sup>处理产草量最高, 鲜草和干草产量分别为48.34 t/hm<sup>2</sup>和5.70 t/hm<sup>2</sup>, 且均显著高于播种量37.5 kg/hm<sup>2</sup>及以下处理, 再增大播种量产草量差异不显著。表明, 本研究中晚播紫云英获得较高生物量的适宜播种量为45.0 kg/hm<sup>2</sup>。

### 3.2 播种量对紫云英养分积累的影响

以翻压还田为目的的绿肥作物, 获得较高的养分积累量是栽培的关键。与前人研究结果一致<sup>[15]</sup>, 本试验条件下, 不同播种量处理紫云英植株碳、氮、磷、钾含量差异不显著, 养分积累量则相差较大。紫云英植株中的绝大部分碳是从大气中获得的<sup>[23]</sup>, 紫云英除了可以固定CO<sub>2</sub>释放O<sub>2</sub>, 还提高了对SO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O和粉尘等主要空气污染物的净化功能<sup>[24]</sup>。本试验中, 与紫云英生物量变化趋势一致, 植株地上部养分积累量随播种量增加先增加后减少, 其中, 播种量45.0 kg/hm<sup>2</sup>处理植株各养分积累量均最大, 且显著高于播种量37.5 kg/hm<sup>2</sup>及以下处理, 若再增加播种量处理间差异不显著。

潘福霞等<sup>[15]</sup>研究了紫云英翻压作绿肥的适宜播种量为30.0 kg/hm<sup>2</sup>; 秦自果等<sup>[16]</sup>研究显示, 紫云英播种量为22.5 kg/hm<sup>2</sup>时鲜草产量和种子产量均最高。综合本试验结果, 播种量为45.0 kg/hm<sup>2</sup>时, 紫云英的产草量和植株养分积累量最高。该播种量要高于前人研究的紫云英作为绿肥翻压的适宜播量。分析原因, 除了地域、品种、栽培管理措施等的差异外, 更主要的应该是播期的影响。播期作为种植技术的一个重要方面, 显著影响作物出苗速率<sup>[25]</sup>、生长指标<sup>[26]</sup>、养分积累<sup>[27]</sup>、产量和品质等各个方面<sup>[28-29]</sup>。笔者前期研究了播期对绿肥紫云英的影响, 发现播期推迟显著抑制紫云英的生长及养分积累<sup>[30]</sup>。本研究的紫云英播期较迟(10月23日), 比前两者的播期分别推迟21 d和25 d, 显著迟于紫云英的适宜播期。迟播易遭受低温等不良气候而影响出苗及苗期生长, 进而影响紫云英产草量及养分积累。而适当增加播种量可以增加紫云英的基本苗数, 增强群体优势, 适当弥补播期推迟产生的影响。

## 4 结论

播种量影响紫云英植株生长及养分积累。本试验条件下, 稻田晚播轮作高秆大叶紫云英品种播种量为45.0 kg/hm<sup>2</sup>时可获得较高的产草量和植株养分积累量, 作为绿肥翻压可获得较好的还田效果。本研究结果对苏中地区现行稻田种植制度下晚播轮作紫云英适宜播种量的选择提供一定的理论参考。

### 参考文献:

- [1] 朱菜红, 董彩霞, 沈其荣, 等. 配施有机肥提高化肥氮利用效率的微生物作用机制研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(2): 282-288.
- [2] 薛峰, 颜廷梅, 杨林章, 等. 施用有机肥对土壤生物性状影响的研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(6): 1372-1377.
- [3] 张璐, 张文菊, 徐明岗, 等. 长期施肥对中国3种典型农田土壤活性有机碳库变化的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(5): 1646-1655.
- [4] 曹卫东, 包兴国, 徐昌旭, 等. 中国绿肥科研60年回顾与未来展望[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(6): 1450-1461.
- [5] 唐海明, 汤文光, 肖小平, 等. 冬季覆盖作物对南方稻田水稻生理生化及生长特性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(6): 1176-1182.
- [6] 焦彬. 绿肥在我国农业生产中作用的简述[J]. 土壤肥料, 1980(5): 16-18.
- [7] 焦彬. 中国绿肥[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 291-335.
- [8] Kim D J, Chung D S, Bai S C C, et al. Effects of soil selenium supplementation level on selenium contents of

- green tea leaves and milk vetch[J]. Preventive Nutrition and Food Science, 2007, 12(1): 35-39.
- [9] Asagi N, Ueno H. Nitrogen dynamics in paddy soil applied with various <sup>15</sup>N-labelled green manures[J]. Plant and Soil, 2009, 322(1): 251-262.
- [10] Nakayama H. Characteristics of rice (*Oryza sativa*) growth, yield and soil nitrogen by cultivating Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) as green manure[J]. Tohoku Agricultural Research, 2005, 58: 35-36.
- [11] 伍绍龙, 周志成, 单雪华, 等. 紫云英不同种植方式对植烟土壤的影响[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(1): 33-36.
- [12] Damisch W, Wiberg A. Biomass yield - A topical issue in modern wheat breeding programmes[J]. Plant Breeding, 1991, 107(1): 11-17.
- [13] [13] 刘建华, 牛俊义, 闫志利. 施肥量和播种密度对陇东优质冬小麦灌浆期生理特性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(5): 890-894.
- [14] 李莉, 郁蓉芬, 方长安. 紫云英播种密度与鲜草产量关系的试验[J]. 浙江农业科学, 1985, 26(5): 225-227.
- [15] 潘福霞, 李小坤, 鲁剑巍, 等. 播种量对紫云英生长及物质养分积累的影响[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(3): 574-578.
- [16] 秦自果, 刘威, 李小坤, 等. 播种量对紫云英种子产量及其构成因素的影响[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(20): 4960-4962, 4968.
- [17] 徐敏, 徐经纬, 徐乐, 等. 水稻农业气候资源变化特征及影响分析——以江苏稻区为例[J]. 中国农学通报, 2016, 32(18): 142-150.
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [19] 王满莲, 蒋运生, 韦霄, 等. 栽培密度和施肥水平对黄花蒿生长特性和青蒿素的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(1): 185-190.
- [20] 申丽霞, 王璞, 张软斌. 施氮对不同种植密度下夏玉米产量及子粒灌浆的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(3): 314-319.
- [21] 张天铜, 陈垣, 郭凤霞, 等. 不同播种量对甘肃礼县掌叶大黄育苗质量的影响[J]. 草业学报, 2013, 22(4): 99-105.
- [22] 苗锦山, 贾春林, 杨秋玲, 等. 不同播种量对盐碱地紫花苜蓿生育和产量的影响[J]. 华北农学报, 2009, 24(S1): 309-311.
- [23] 刘春增, 吕玉虎, 李本银, 等. 不同播期对紫云英“信紫1号”生长状况、产量及养分积累的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2018(1): 127-133.
- [24] 周志明, 张立平, 曹卫东, 等. 冬绿肥-春玉米农田生态系统服务功能价值评估[J]. 生态环境学报, 2016, 25(4): 597-604.
- [25] 武艳苟, 郝建平. 不同播期对玉米(强盛 49)出苗速度及生育期的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(4): 119-121.
- [26] 唐光雷, 李存东, 孙传范, 等. 不同播期密度对超早熟短季抗虫棉群体性状的影响[J]. 河北农业大学学报, 2010, 33(1): 6-11.
- [27] 潘福霞, 李小坤, 鲁剑巍, 等. 不同播期对紫云英生长及物质养分积累的影响[J]. 土壤, 2012, 44(1): 67-72.
- [28] 曾庆飞, 孙兆敏, 贾志宽, 等. 不同播期对紫花苜蓿生长性状及越冬性的影响研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(5): 1007-1011.
- [29] 李琪, 谢萍, 李剑萍, 等. 不同播期对宁夏粉用马铃薯生长和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(12): 220-226.
- [30] 周影, 王琳, 魏启舜, 等. 晚播对紫云英生长、养分积累和根际微生物的影响[J]. 土壤, 2019, 51(1): 46-50.