

## 不同播期对紫云英生长及物质养分积累的影响<sup>①</sup>

潘福霞<sup>1</sup>, 李小坤<sup>1\*</sup>, 鲁剑巍<sup>1</sup>, 鲁君明<sup>2</sup>, 刘威<sup>1</sup>, 魏云霞<sup>1</sup>, 耿明建<sup>1</sup>, 曹卫东<sup>3</sup>

(1 华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070; 2 湖北省洪湖市大同湖管理区农技中心, 湖北洪湖 433221;

3 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

**摘要:** 在大田试验条件下, 设置了自 2009 年 9 月 25 日—11 月 6 日共 7 个播种时期, 研究不同播期对紫云英生长、产量及养分吸收的影响。试验结果表明, 紫云英的密度、株高、单株复叶数、表观叶面积和单株重均随播期推迟而下降。鲜草产量随播期推迟显著降低, 9 月 25 日播种的鲜草产量最高, 达 31 833 kg/hm<sup>2</sup>, 种子产量则以 10 月 2 日播种的最高, 为 227 kg/hm<sup>2</sup>。地上部 N、P、K、Cu 含量均随播期推迟呈下降趋势, 10 月 30 日之后播种处理的 Fe、Mn 含量则显著增加, 而不同播期对 Ca、Mg、Zn 含量无影响。各养分积累量均随播期推迟而下降。研究表明, 播期显著影响紫云英生长及物质养分积累, 本试验条件下宜在 9 月下旬至 10 月上旬期间播种。

**关键词:** 紫云英; 播期; 产量; 养分含量; 养分积累量

**中图分类号:** S142+.1

由于光、热资源及种植制度的限制, 南方冬闲田面积较大, 空闲时间长达 4~6 个月, 而冬闲田裸露会造成水土流失、养分淋失、土壤微环境变化而不利于后季作物生长<sup>[1-2]</sup>。充分利用冬闲田种植豆科绿肥可以通过光合作用和生物固氮增加系统的养分输入, 减少温室气体排放<sup>[3-4]</sup>, 避免土地和光、温等资源浪费。同时, 绿肥翻压还田可以替代部分化肥, 对于缓解化肥资源短缺、减少化肥损失造成的农田环境污染<sup>[5-7]</sup>, 解决长期单施化肥导致耕地质量下降等问题具有重要意义<sup>[8-10]</sup>。紫云英是南方稻田传统的豆科绿肥<sup>[11]</sup>, 由于近年来紫云英研究停滞, 鲜草产量大幅下滑<sup>[12]</sup>, 成为限制紫云英推广应用的主要障碍。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>[13]</sup>、生长指标<sup>[14-16]</sup>、养分吸收<sup>[17-18]</sup>、生育期<sup>[19]</sup>等各方面, 适时播种可满足作物对光、热、水等环境条件的需求, 从而改善植株经济性状并获得高产。紫云英种植的最终目的是“以小肥换大肥”, 翻压时要求较高的产量和养分积累量, 而前人研究仅限于不同播期和鲜草产量的关系, 且研究的区域有限<sup>[20]</sup>, 播期对紫云英大、中、微量元素积累量的影响鲜见报道。作为绿肥, 紫云英又不同于其他作物, 它的种植和收获时间取决于主作物, 在保证紫云英产量的同时还要与主作物的生育期协调。

因此, 本文以水稻收获时间为依据设置不同播期处理, 在大田试验条件下研究不同播期对紫云英生长及物质、养分积累的影响, 以期为江汉平原水稻不同种植制度下紫云英适宜播期的选择提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验地点

试验区位于湖北省荆州市洪湖大同湖农场, 试验田前季作物是中稻, 土壤类型为水稻土, 试验前取耕层土壤测定其理化性质, pH 7.02, 有机质 33.9 g/kg, 全氮 2.2 g/kg, 速效磷 12.8 mg/kg, 速效钾 213.1 mg/kg, 有效 Ca 4 307.9 mg/kg, 有效 Mg 536.9 mg/kg, 有效 Fe 21.9 mg/kg, 有效 Mn 53.7 mg/kg, 有效 Cu 5.4 mg/kg, 有效 Zn 5.4 mg/kg。供试紫云英品种为弋江种。

#### 1.2 试验设计

试验于 2009 年 9 月份开始, 共设 7 个播期处理, 分别为: 9 月 25 日、10 月 2 日、10 月 9 日、10 月 16 日、10 月 23 日、10 月 30 日、11 月 6 日。每处理 3 次重复, 小区面积 20 m<sup>2</sup>。

紫云英播种量为 37.5 kg/hm<sup>2</sup>, 将种子与细沙混匀后撒播。N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 用量均为 45 kg/hm<sup>2</sup>, 全部做基肥施用。紫云英生长期间根据气候情况和土壤水分

①基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(200803029)资助。

\* 通讯作者 (lixiaokun@mail.hzau.edu.cn)

作者简介: 潘福霞(1985—), 女, 山东德州人, 硕士研究生, 主要从事作物营养施肥与生态环境研究。E-mail: eary2007@163.com

状况进行排灌管理。

各处理均在播种后 20 天调查出苗数, 分别于苗期 (2009 年 12 月 31 日)、越冬后期 (2010 年 3 月 6 日)、花期 (2010 年 4 月 2 日) 调查紫云英生长状况, 每小区随机取 1 个 20 cm×20 cm 的样方调查出苗数, 每小区按照 S 型曲线随机取 10 株调查各生长指标。2010 年 4 月 8 日测产, 各处理随机取 3 个 2 m<sup>2</sup> 的样方称鲜重, 同时每处理随机取 3 个 20 cm×20 cm 的样方分地上部和根部, 称重, 烘干、磨碎后进行养分含量分析。2010 年 5 月 15 日收获种子, 随机取 3 个 2 m<sup>2</sup> 的样方收割后装入尼龙网袋, 悬挂晾干后脱粒, 除去杂质后称种子净重。

### 1.3 测定项目及方法

植物样采用重铬酸钾容量法-外加加热法测定全碳含量, 样品经 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮, 流动注射分析仪测定 N、P 含量, 火焰光度计法测定 K 含量。植物样经 HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub> 消化, 原子吸收分光光度计测定中、微量元素含量<sup>[21]</sup>。

养分积累量 = 干物质量 × 养分含量

数据在 Excel 中整理, 采用 DPS v3.01 检验数据的差异显著性水平, 所有数据在  $P < 0.05$  置信水平下比较, 以不同字母表示达到显著差异水平。

## 2 结果与分析

### 2.1 紫云英生长状况

**2.1.1 紫云英出苗数** 随播期推迟, 紫云英的出苗数呈下降趋势, 且表现出明显的阶段性 (图 1)。10 月 2 日之前播种出苗数达 680 万株/hm<sup>2</sup> 左右, 10 月 9 日至 23 日期间播种为 590 万株/hm<sup>2</sup> 左右, 10 月 30 日之后播种出苗数仅为 480 万株/hm<sup>2</sup>, 且随时间推迟阶段内各处理间的差距减小。

**2.1.2 紫云英生长状况** 播期显著影响紫云英的各生长指标 (表 1)。苗期和越冬后期各处理的分枝数均随播期的推迟而减少, 但在花期分枝数则表现为 10 月 9 日播种最高。各处理的株高、单株复叶数和表观叶面积均随生育期的推进而增加, 在各生育期内, 各指标又随播期的推迟而降低。播期对叶片 SPAD 值无影响, 各处理在苗期的 SPAD 值最高, 之后略有下降。紫云英的单株重在越冬后期至盛花期迅速增加, 苗期和越冬后期的单株重均随播期推迟而降低, 而盛花期的单株重则以 10 月 9 日播种最高。

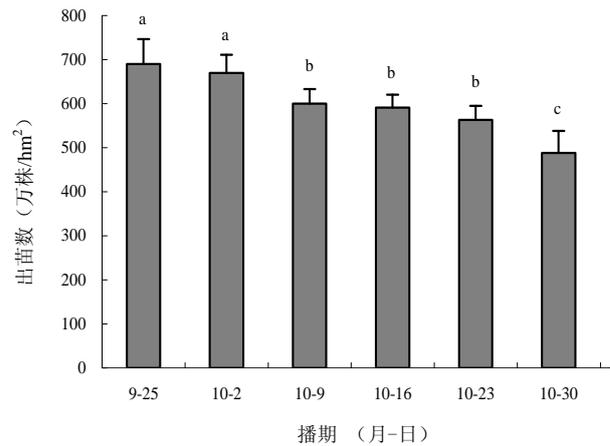


图 1 不同播期对紫云英出苗数的影响

Fig. 1 Effect of sowing date on the emergency number of Chinese milk vetch

### 2.2 鲜草及种子产量

地上部鲜重随播期推迟显著降低, 10 月 9 日播种和 10 月 30 日播种均出现大幅下滑的趋势, 分别较前一处理减产 45.0% 和 58.1% (表 2)。根部鲜重的趋势与地上部相同, 但处理间差异较地上部小。

种子产量随播期推迟先略有上升之后持续下降, 10 月 2 日播种产量最高。10 月 9 日之前播种的产量相差不大, 均达 200 kg/hm<sup>2</sup> 以上。而播期晚于 10 月 9 日则种子产量随播期推迟迅速下降, 10 月 16 日较 10 月 9 日播种的种子产量减少了 26.1%, 之后各处理的种子产量平缓降低 (表 2)。

### 2.3 养分吸收

**2.3.1 大量元素含量及积累量** 不同处理间紫云英地上部 C 含量无显著差异。播期显著影响紫云英地上部的 N 含量, 可分为 3 组 (表 3), 10 月 2 日之前播种 N 含量最高 (24.0 g/kg 以上), 10 月 9 日播种的 N 含量 (20.6 g/kg) 显著低于前一组, 10 月 16 日之后播种的 N 含量 (16.8 g/kg 左右) 最低, 各组内处理间差异不显著。地上部 P 含量与 N 含量不同, 10 月 23 日之前播种各处理间的 P 含量无差异, 而 10 月 30 日之后播种的 P 含量则显著低于其他处理。K 含量则表现为, 10 月 9 日之前播种各处理间无差异, 10 月 16 日之后播种 K 含量略有下降。根部 N 含量以 9 月 25 日播种最高, 10 月 2 日与 10 月 9 日略低, 10 月 16 日之后则显著降低。各处理间根部 C、P、K 含量则无明显差异。根部 C、N、K 含量均低于地上部, 而 P 含量普遍较地上部高 50% 左右。

表 1 不同播期对紫云英生长状况的影响

Table 1 Effect of sowing date on the growth condition of Chinese milk vetch

调查时间	播期 (月-日)	单株分枝数	株高 (cm)	单株复叶数	表观叶面积 (cm <sup>2</sup> )	SPAD 值	单株重 (g)
(2009-12-31)	苗期 9-25	4	9.88	15	1.22	38.23	1.70
	10-2	4	9.19	14	1.20	36.03	1.42
	10-9	3	6.98	12	0.74	37.81	0.72
	10-16	3	4.86	5	0.53	38.87	0.39
	10-23	3	3.61	5	0.29	39.39	0.23
	10-30	0	1.55	0	0	38.13	0.02
(2010-3-6)	越冬后期 11-6	0	1.59	0	0	39.16	0.02
	9-25	7	24.18	23	1.90	35.61	6.50
	10-2	7	21.08	20	1.87	33.90	4.34
	10-9	5	19.64	16	1.47	33.61	2.71
	10-16	5	19.38	14	1.42	34.59	2.51
	10-23	4	10.19	12	0.79	33.50	1.32
(2010-4-2)	花期 10-30	1	4.63	4	0.55	36.21	0.31
	11-6	1	4.39	3	0.28	36.31	0.20
	9-25	6	53.33	28	2.68	36.73	14.21
	10-2	6	53.31	28	2.49	36.81	14.13
	10-9	7	41.76	25	2.15	34.67	14.36
	10-16	4	40.23	19	1.91	33.95	7.57
	10-23	3	35.28	19	1.86	33.35	7.94
	10-30	2	21.89	12	1.68	34.54	2.98
	11-6	2	19.46	12	1.48	33.38	2.28

注：表观叶面积 = 叶长 × 叶宽

表 2 不同播期对紫云英地上部、根部鲜重及种子产量的影响 (kg/hm<sup>2</sup>)

Table 2 Fresh yield and seed yield of Chinese milk vetch with different sowing date

播期 (月-日)	地上部鲜草量	根部鲜重	种子产量
9-25	31 833 a	1 372 a	212 ab
10-2	29 117 b	1 360 ab	227 a
10-9	16 000 c	1 265 ab	203 b
10-16	13 750 d	1 238 b	150 c
10-23	10 750 e	1 225 b	148 c
10-30	4 500 f	864 c	123 d
11-6	3 917 f	801 c	115 d

注：同列字母不同表示差异达到  $P < 0.05$  显著水平，下表同。

地上部各养分积累量均随播期推迟而降低 (表 3)。C 及 N、P、K 积累量均可以统一分为 3 组，10 月 2 日之前播种的各养分积累量最高，10 月 9 日至 10 月 23 日期间播种各处理较前一组降幅较大，10 月 30 日之后播种的养分积累量最低，各组内处理间仍存在显著差异。播期对紫云英地上部各养分积累的影响表现为  $N > P > K > C$ 。根部养分积累量的变化趋势与地上部相同，但处理间差异较小。

**2.3.2 中微量元素含量及积累量** 从表 4 可见，不同播期处理间紫云英地上部 Ca、Mg 含量无明显规律，Ca 含量为 12.42 ~ 13.79 g/kg，Mg 含量为 2.77 ~ 2.96 g/kg。10 月 23 日之前播种的各处理间 Fe 含量无显著差异，而 10 月 30 日和 11 月 6 日播种的 Fe 含量则迅速上升，显著高于其他处理。Mn 含量的趋势与 Fe 相同，但增加幅度略小。Cu 含量则随播期的推迟有下降的趋势。各处理间 Zn 含量无明显差异。

表 3 不同播期对紫云英大量元素含量及积累量的影响

Table 3 Effects of sowing date on the macro element content and accumulation of Chinese milk vetch

项目	播期 (月-日)	地上部				根			
		C	N	P	K	C	N	P	K
含量 (g/kg)	9-25	417.2 a	24.0 a	4.3 a	41.5 a	406.7 a	19.0 a	6.7 a	20.7 a
	10-2	427.9 a	24.8 a	4.3 a	41.6 a	399.3 ab	17.6 ab	6.5 a	22.9 a
	10-9	422.0 a	20.6 b	4.3 a	41.5 a	407.2 a	17.3 b	6.3 a	20.3 a
	10-16	423.8 a	16.8 c	4.3 a	38.7 b	395.1 ab	14.3 c	6.6 a	21.1 a
	10-23	414.6 a	16.7 c	4.2 a	38.9 b	393.4 b	14.3 c	6.4 a	22.0 a
	10-30	426.3 a	16.8 c	3.4 b	38.1 b	400.0 ab	14.1 c	6.2 a	20.5 a
	11-6	412.6 a	16.9 c	3.5 b	37.8 b	393.5 b	14.0 c	6.6 a	21.4 a
积累量 (kg/hm <sup>2</sup> )	9-25	1 190 a	68.3 a	12.1 a	118.6 a	156 a	7.25 a	2.52 a	8.31 a
	10-2	1 105 b	64.2 b	10.9 b	104.9 b	151 ab	6.60 ab	2.44 ab	8.33 a
	10-9	664 c	32.6 c	6.7 c	64.9 c	144 bc	6.16 b	2.24 b	7.20 b
	10-16	621 c	23.6 d	6.2 c	56.8 c	138 c	4.98 c	2.36 ab	7.32 ab
	10-23	500 d	20.1 d	5.0 d	46.8 d	135 c	4.94 c	2.19 b	7.51 ab
	10-30	271 e	10.5 e	2.2 e	24.2 e	93 d	3.30 d	1.46 c	4.64 c
	11-6	210 e	8.6 e	1.8 e	19.4 e	89 d	3.06 d	1.46 c	4.79 c

表 4 不同播期对紫云英地上部中、微量元素含量及积累量的影响

Table 4 Effects of sowing date on the secondary and micro element content and accumulation of the shoot

项目	播期(月-日)	Ca	Fe	Mg	Mn	Cu	Zn
含量	9-25	12.70 bc	2.92 a	251 c	35.36 c	14.51 a	33.44 ab
	10-2	13.39 ab	2.95 a	267 c	35.97 c	14.24 a	32.11 b
	10-9	13.79 a	2.96 a	267 c	35.09 c	13.70 ab	34.07 ab
	10-16	13.07 abc	2.78 a	253 c	35.60 c	13.09 ab	36.62 a
	10-23	12.42 c	2.83 a	263 c	34.95 c	12.42 bc	36.12 a
	10-30	12.63 bc	2.77 a	567 b	39.22 b	10.74 c	34.41 ab
	11-6	12.90 abc	2.88 a	848 a	41.82 a	10.99 c	35.43 ab
积累量	9-25	36.1 a	8.34 a	716 a	101.3 a	41.5 a	95.4 a
	10-2	35.5 a	7.61 b	683 a	92.8 a	36.7 b	82.4 b
	10-9	21.9 b	4.66 c	390 c	55.7 b	21.4 c	52.8 c
	10-16	18.7 c	4.04 cd	371 c	52.4 b	19.1 d	53.7 c
	10-23	14.8 d	3.41 d	321 d	42.1 c	15.0 e	43.6 d
	10-30	8.1 e	1.75 e	361 c	25.0 d	6.8 f	21.9 e
	11-6	6.7 e	1.48 e	430 b	21.3 d	5.6 f	18.1 f

注: Ca、Mg 含量单位为 g/kg, 积累量单位为 kg/hm<sup>2</sup>; Fe、Mn、Cu、Zn 含量单位为 mg/kg, 积累量单位为 g/hm<sup>2</sup>。

各处理的 Ca、Mg、Mn、Cu、Zn 积累量均随播期推迟而下降, 且 10 月 9 日和 10 月 30 日播种的各养分的积累量均较前一处理有大幅下降。10 月 23 日之前播种的 Fe 积累量随播期推迟呈下降趋势, 而在 10 月 30 日之后播种则有上升趋势。

### 3 讨论

#### 3.1 播期对紫云英生长及产量的影响

影响作物产量的主要因素是品种遗传特性、生态

条件和耕作栽培技术<sup>[22]</sup>, 要充分利用当地的生态条件提高产量, 播期的选择尤为重要。播期能够显著影响植株的生长性状<sup>[23-24]</sup>, 本研究中, 紫云英的出苗数、株高、单株复叶数、表观叶面积、单株重均随播期的推迟而下降。本试验结果表明, 播期推迟导致紫云英生育期延迟, 在收获时, 10 月 23 日之前播种的处理已经处于盛花期, 而 10 月 30 日后播种的紫云英仍处于初花期, 鲜草产量同样也随播期的推迟而显著降低。究其原因, 一方面播期越迟, 外界温度越低, 这对紫

云英的发芽、出苗产生一定的抑制, 另一方面, 播期推迟, 冬前积温不能满足紫云英生长需求, 个体和群体发育受阻, 光合性能减弱<sup>[25]</sup>, 导致减产。因此, 为保证紫云英鲜草产量, 在不影响前茬作物的前提下应适当早播。

若播期太晚, 紫云英的物质积累量较少, 供给生殖生长地养分减少, 导致种子产量也随播期的推迟而阶段性地降低<sup>[26]</sup>。然而整个试验的种子产量均较低, 一方面可能与当地气候条件有关, 在紫云英开花结荚期正值雨季, 雨水过多, 结荚较差, 落花落荚和种子霉烂导致损失严重。另一方面, 紫云英开花期长, 种子成熟参差不齐, 且果荚成熟后又易脱落, 特别是种子小, 在收种、晒干和脱粒的过程中造成损失。

### 3.2 播期对紫云英养分积累的影响

紫云英作为绿肥, 其主要作用是培肥土壤。本研究结果表明, 如果适时播种, 紫云英盛花期时还田可为土壤提供的 C 量达 1 200 kg/hm<sup>2</sup> 左右, 是增加土壤 C 储备的有效措施。10 月 2 日之前播种紫云英的 N 积累量较投入量高 26~31 kg/hm<sup>2</sup>, 10 月 23 日之前播种的紫云英 K<sub>2</sub>O 积累量较投入量高 20~107 kg/hm<sup>2</sup>, 可见在适宜播期内, 紫云英对 N、K 的积累量非常大, 翻压还田可替代部分化肥, 这对于缓解我国 N 肥用量大、K 肥资源短缺的现状具有重要意义。紫云英 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的积累量均低于投入量, 是由于紫云英对 P 的吸收量低, 而 P 肥的施用量过多造成的。

在不施微肥的条件下, 紫云英对 Fe、Mn、Cu、Zn 的积累量最高可达 716、101、42、95 g/hm<sup>2</sup>, 可见紫云英对土壤微量元素的活化、富集作用还是比较明显的, 翻压还田后, 能够提高土壤中有效态微量元素的含量, 促进后季作物对微量元素的吸收。

### 3.3 对农业生产的指导作用

水分条件可以通过人为排灌调节, 而光照和温度则无法调控, 只能通过选择适宜的播期以满足作物需求。本研究结果表明播期对紫云英的生长起着至关重要的作用。本文不仅对紫云英的鲜草产量与播期关系进行了论述, 还分析了紫云英的养分含量, 从而对不同播期与紫云英物质养分积累的关系进行了较全面的评估。紫云英作为绿肥种植, 其主要的目的是“以小肥换大肥”, 若播期过晚, 不但起不到养分富集的作用, 反而造成支出大于收入。综合考虑, 以 9 月下旬至 10 月上旬播种最佳, 由于在双季稻区晚稻收获较晚, 采用稻底套播是解决播期冲突的方法之一。另外, 紫云英出苗数随播期推迟显著下降, 而出苗数又是紫云英产草量的重要指标之一, 因此, 如种子充足, 也可以

通过增加播量来减少由于播期过晚造成的损失。

## 4 结论

播期显著影响紫云英的生长及物质养分积累。在各生育期, 紫云英的株高、单株复叶数、表观叶面积、单株重均随播期推迟而降低。9 月 25 日播种的鲜草产量最高, 为 31 833 kg/hm<sup>2</sup>。10 月 2 日播种的种子产量最高, 达 227 kg/hm<sup>2</sup>。各养分积累量则均随播期推迟而下降。湖北省种植紫云英的适宜播期为 9 月下旬至 10 月上旬。

### 参考文献:

- [1] 刘晓冰, 宋春雨, Herbert SJ, 邢宝山. 覆盖作物的生态效应. 应用生态学报, 2002, 13(3): 365-368
- [2] 王丽宏, 曾昭海, 杨光立, 叶桃林, 张帆. 前茬冬季覆盖作物对稻田土壤的生物特征影响. 水土保持学报, 2007, 21(1): 164-167
- [3] Lal R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. Environmental Pollution, 2002, 116: 353-362
- [4] 李长生, 肖向明, Frolking S, Moore III B, Salas W, 邱建军, 张宇, 庄亚辉, 王效科, 戴昭华, 刘纪远, 秦小光, 廖柏寒, Sass R. 中国农田的温室气体排放. 第四纪研究, 2003, 23(5): 493-503
- [5] Xiong ZQ, Huang TQ, Ma YC, Xing GX, Zhu ZL. Nitrate and ammonium leaching in variable- and permanent-charge paddy soils. Pedosphere, 2010, 20(2): 209-216
- [6] 陶春, 高明, 徐畅, 慈恩. 农业面源污染影响因子及控制技术的研究现状与展望. 土壤, 2010, 42(3): 336-343
- [7] 朱兆良, 孙波. 中国农业面源污染控制对策研究. 环境保护, 2008, 39(8): 4-6
- [8] 张璐, 张文菊, 徐明岗, 蔡泽江, 彭畅, 王伯仁, 刘骅. 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. 中国农业科学, 2009, 42(5): 1 646-1 655
- [9] 张继光, 秦江涛, 要文倩, 周睿, 张斌. 长期施肥对红壤旱地土壤活性有机碳和酶活性的影响. 土壤, 2010, 42(3): 346-371
- [10] 郭菊花, 陈小云, 刘满强, 胡峰, 李辉信. 不同施肥处理对红壤性水稻土团聚体的分布及有机碳、氮含量的影响. 土壤, 2007, 39(5): 787-793
- [11] 林多胡, 顾荣申. 中国紫云英. 福州: 福建科学技术出版社, 2000: 6-11
- [12] 曾希柏, 胡学玉, 胡清秀. 我国肥料的施用现状及发展趋势. 科技导报, 2002(8): 36-39
- [13] 武艳芍, 郝建平. 不同播期对玉米(强盛 49)出苗速率及生育期的影响. 中国农学通报, 2009, 25(4): 119-121
- [14] 唐光雷, 李存东, 孙传范, 刘连涛, 李东晓. 不同播期密度对

- 超早熟短季抗虫棉群体性状的影响. 河北农业大学学报, 2010, 33(1): 6-11
- [15] 刘万代, 杜沛鑫, 尹钧, 陈现勇. 播期对豫麦 49-198 群体质量和产量性状的影响. 江西农业学报, 2009, 21(5): 7-9
- [16] 吴岳轩, 吴振球. 播期对亚种间杂交稻根系形态发育和生理活性的影响. 作物学报, 1996, 22(2): 178-184
- [17] 江苏省杂交水稻气象问题研究协作组. 温光条件与水稻叶片生长和干物质增长的关系. 作物学报, 1983, 9(2): 99-106
- [18] 高炳德. 关于化肥利用率的影响因素及提高氮肥利用率的技术措施之浅见. 内蒙古农业科技, 1999(1): 3-5, 27
- [19] 闫艳红, 杨文钰, 李兴佐, 邓卫民. 不同品种及播期对丘陵套作大豆产量的影响. 大豆科学, 2007, 26(4): 544-549
- [20] 陈丽君, 顾海峰, 何永娥, 顾荣荣, 姚红芳, 王玉香. 播期及施肥量对紫云英产量的影响. 上海农业科技, 2006(3): 125-126
- [21] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版). 中国农业出版社, 2005: 265-271
- [22] 马国胜, 薛吉全, 路海东, 张仁和, 邵书静, 任建宏. 播种时期与密度对关中灌区夏玉米群体生理指标的影响. 应用生态学报, 2007, 18(6): 1247-1253
- [23] 曹毅, 任吉君, 李春梅, 王艳. 不同播期对红秋葵生长及发育的影响. 西南大学学报, 2008, 30(2): 87-89
- [24] 吕新, 白萍, 张伟, 朱玉. 不同播期对玉米干物质积累的影响及分析. 石河子大学学报(自然科学版), 2004, 22(4): 285-288
- [25] 周冉, 尹钧, 杨宗渠. 播期对两类小麦群体发育和光合性能的影响. 中国农学通报, 2007, 2(4): 148-153
- [26] 杨桂霞, 赵广才, 许柯, 常旭虹, 杨玉双, 马少康, 丰明, 徐凤娇. 播期和密度对冬小麦籽粒产量和营养品质及生理指标的影响. 麦类作物学报, 2010, 30(4): 687-692

## Effects of Sowing Date on Chinese Milk Vetch Growth and Nutrient Accumulation

PAN Fu-xia<sup>1</sup>, LI Xiao-kun<sup>1</sup>, LU Jian-wei<sup>1</sup>, LU Jun-ming<sup>2</sup>, LIU Wei<sup>1</sup>, WEI Yun-xia<sup>1</sup>, GENG Ming-jian<sup>1</sup>, CAO Wei-dong<sup>3</sup>

(1 Resources & Environment College, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2 Agricultural and Technical Center, Datonghu Administration District of Honghu City, Honghu, Hubei 433221, China;

3 Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** A field trial was carried out to study the influence of different sowing date on Chinese milk vetch growth, fresh yield and nutrient accumulation. The results showed that the shoot height, compound leaves per plant, apparent leaf area, weight per plant decreased as the sowing date postponed. Fresh yield decreased prominently as the sowing date postponed, sowing date at 25<sup>th</sup> September could get the highest yield, reached to 31 833 kg/hm<sup>2</sup>. Sowing date at 2<sup>nd</sup> October could get the highest seed yield 227 kg/hm<sup>2</sup>. N, P, K and Cu contents of the shoot decreased as the sowing date postponed, but Fe and Mn contents increased when the sowing date later than 30<sup>th</sup> October, while there was no difference among the treatments with the Ca, Mg and Zn contents. The nutrient accumulation decreased as the sowing date postponed. The study showed that sowing date had great effect on Chinese milk vetch, the last ten-days period of September and the first ten-days period of October was the best sowing date under this condition of experiment.

**Key words:** Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.), Sowing date, Yield, Nutrient content, Nutrient accumulation