

武陵山区黄花蒿生长发育规律研究

崔广林, 李隆云*, 吴叶宽

(重庆市中药研究院中药种植研究所, 重庆市中药良种选育与评价工程技术研究中心, 重庆市中药资源学重点实验室, 中国中医科学院中药资源中心重庆分中心, 重庆 400065)

摘要: 为了解武陵山区黄花蒿(*Artemisia annua*)的生长特性, 对其生长发育规律进行了研究。结果表明, 黄花蒿的生长发育可划分为苗期、分枝初期、分枝盛期、蕾期、花期、种子成熟期。叶面积在分枝盛期增长最快, 叶面积指数随着枝叶的生长呈直线上升。种子成熟期叶面积比呈总体降低的趋势。净同化率变化较小, 分别在苗期和花期出现了两个小高峰。相对生长率变化较大, 作物生长率在苗期和种子成熟期较低, 分枝盛期较高。整个生长期干物质积累规律呈S曲线。6月下旬至8月下旬, 黄花蒿生长进入分枝盛期, 干物质积累速率加快, 叶片产量迅速增加, 此时期是黄花蒿叶片增产的关键时期, 应注重氮磷钾肥的平衡施用。

关键词: 黄花蒿; 生长期; 生长; 发育; 干物质积累

doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2016.01.012

Studies on Growth and Development of *Artemisia annua* L. in Wuling Mountain Area

CUI Guang-lin, LI Long-yun*, WU Ye-kuan

(Institute of Material Medical Planting, Chongqing Academy of Chinese Materia Medica, Chongqing Engineering Research Center for Fine Variety Breeding Techniques of Chinese Materia Medica, Chongqing Key Laboratory of Chinese Medicine Resources, Chongqing Sub-center of National Resource Center for Chinese Material Medical, China Academy of Chinese Medical Science, Chongqing 400065, China)

Abstract: In order to understand the growth characteristics of *Artemisia annua* in Wuling Mountain area, the growth and development law were studied. The results showed that the development of *A. annua* could be divided into six stages, including seedling stage, early branch stage, branching stage, bud stage, blooming stage and seed maturity stage. The leaf area increased most rapidly at branching stage, and the leaf area index had linear ascending with the growth of branches and leaves. Leaf area ratio overall decreased at seed maturity stage. The net assimilation rate changed slightly, which there were two small peaks at seedling and blooming stages, respectively. The relative growth rate changed greatly, crop growth rate was small at seedling and seed maturity stages, and high at branching stage. The rule of dry matter accumulation in the whole growth period appears "S" curve. During late June to late August, *A. annua* growth was at branching stage, dry matter accumulation rate and yield of leaves increased rapidly, so that this period was the key time of increasing yield of *A. annua* leaves, it should pay attention to balanced application of NPK fertilizers.

Key words: *Artemisia annua*; Growing period; Growth; Development; Dry matter accumulation

青蒿为菊科(Compositae)植物黄花蒿(*Artemisia annua* L.)的干燥地上部分,是传统中药,其味苦、辛、

寒,具有清热解暑、除蒸、截疟等功效,用于暑邪发热,阴虚发热,夜热早凉,骨蒸劳热,疟疾寒热,

收稿日期: 2015-04-22 接受日期: 2015-07-07

基金项目: 重庆市科委科技平台与基地建设项目(cstc2014ptyjd10001); 中药材规范化种植技术平台及应用示范项目(cstc2013jcsf1009); 重庆市自然科学基金项目(cstc2011jjA80006)资助

This work was supported by the Technology Platform and Base Construction Projects of Chongqing Science and Technology Committee (Grant No. cstc2014ptyjd10001), the Chinese Herbal Medicine Standardized Cultivation Technology Platform and Application Demonstration Project (Grant No. cstc2013jcsf1009), the Natural Science Foundation of Chongqing (Grant No. cstc2011jjA80006).

作者简介: 崔广林(1978~),男,硕士,助理研究员,研究方向为中药材栽培技术与品种选育。E-mail: cuiguanglin_2000@163.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: lilongyun8@163.com

湿热黄疸等病症^[1]。青蒿中青蒿素的发现,是世界抗疟药研究发展史上继奎宁之后的一个重大突破,并被WHO列为抗疟药的首选药物。青蒿素主要存在于黄花蒿植株的叶和花蕾中,目前虽然能够人工合成青蒿素,但价格昂贵,尚未投入工业化生产,从黄花蒿植株中提取青蒿素是目前获取青蒿素的唯一来源。在野生资源日趋减少,市场供需矛盾日益增大的情况下,栽培黄花蒿逐渐发展起来。重庆等武陵山区,是我国黄花蒿的主产区,于20世纪80年代初开始人工种植,栽培规模达 $(3.3\sim 5.3)\times 10^4\text{ hm}^2$,占全国青蒿市场的80%以上。目前,仅对玄参(*Scrophularia ningpoensis*)、姜黄(*Curcuma longa*)、红花(*Carthamus tinctorius*)、关苍术(*Atractylodes japonica*)、黄芩(*Scutellaria baicalensis*)、长柱金丝桃(*Hypericum ascyron*)等^[2-8]少数中药材有研究报道,而有关黄花蒿栽培技术和采收加工方法等的研究报道也较多^[9-12],但对其生长发育规律的研究还未见报道,这不利于提高青蒿的产量和效益。本文对栽培黄花蒿生长发育规律进行研究,探讨黄花蒿生长发育特性,为根据黄花蒿生长特点在生产中采取适宜的栽培措施,进行合理促控提供依据。

1 试验地概况

试验地位于重庆市丰都县崇兴镇黄花蒿GAP种植基地,海拔350 m,年平均气温12.8℃,年积温达4337℃~6216℃,年降雨量1540 mm。土质为紫色壤土,pH 6.7,有机质含量31.8 g kg⁻¹,全氮1.6 g kg⁻¹,全磷1.3 g kg⁻¹,全钾8.7 g kg⁻¹,碱解氮35.6 mg kg⁻¹,速效磷2.6 mg kg⁻¹,速效钾53.8 mg kg⁻¹。

2 材料和方法

2.1 材料

供试材料为重庆地区黄花蒿(*Artemisia annua* L.)主栽品种‘渝青一号’,由重庆市中药研究院李隆云研究员鉴定。

2.2 种植

2013年2月15日播种,4月20日移栽。试验地面积为650 m²,采用起厢种植,株行距为60 cm×80 cm,1 hm²种植 2.1×10^4 株,移栽前基施人畜粪肥3 t,定

植成活后追施20 kg尿素和60 kg复合肥,其中5月初施40%,7月初施60%。田间管理与大田常规高产栽培措施相同。

2.3 采样

4月20日移栽时进行初次取样,之后每隔15 d取样1次,至11月20日黄花蒿种子收获。选取长势正常的植株10株,测定株高、茎粗、分枝数、根长等,然后按根、茎、枝、叶等部位分开,分别称取鲜重,然后在105℃下杀青30 min,置55℃烘箱烘至恒重,分别称取干重。

2.4 方法

参照刘克礼^[13]的方法计算黄花蒿的生长参数。叶面积指数(LAI, Leaf area index)是指总叶面积和土地面积的比值。比叶面积(SLA, Specific leaf area)为总叶面积/总叶生物量,单位为m² g⁻¹。叶面积比(LAR, Leaf area ratio)为总叶面积/植株总重,单位为m² g⁻¹。根冠比(R/T)是指植物地下部分与地上部分的鲜重或干重的比值。相对增长率(RGR, Relative growth rate)是指在一段时间内,单位质量物质的增长率(生产速率),表示干物质的生产能力, $RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$,式中W₁、W₂是时间t₁、t₂的干物质量,单位为g g⁻¹d⁻¹。作物生长率(CGR, Crop growth rate)又叫群体生长率,它表示单位时间、单位土地面积上所增加的干物质量, $CGR = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$,式中W₁、W₂是时间t₁、t₂单位土地面积上的干物质量,单位为g m⁻²d⁻¹。净同化率(NAR, Net assimilation rate)是单位叶面积在单位时间内的干物质积累量,也称光合生产率, $NAR = (W_2 - W_1)(\ln S_2 - \ln S_1) / [(S_2 - S_1)(t_2 - t_1)]$,式中W₁、W₂是时间t₁、t₂的植株干重,S₁、S₂是时间t₁、t₂的叶面积,单位为g m⁻²d⁻¹。

2.5 数据统计分析

数据统计分析采用DPS v12.01统计软件,结果取平均值±标准误(SE),数据的差异显著性水平取0.05,用Excel软件绘图。

3 结果和分析

3.1 生长时期的划分

黄花蒿系1年生草本植物,喜温暖湿润、阳光

充足而干燥的气候，幼苗期要求一定的遮荫，整个生长期约260 d。2月中旬播种，种子播后5~11 d开始发芽，出现子叶。子叶小，圆形，绿色。发芽后8~15 d第一对真叶出现，16~22 d第二对真叶出现。30 d左右长出5~6片叶。60~80 d从茎生叶腋处长出侧枝，营养期呈一次总状分枝，花期呈二次分枝。8月下旬至9月上旬花蕾出现，长势茂盛，株高生长停止。9月中下旬花盛开，叶逐渐变黄，茎基部的枝叶干枯。9月下旬至11月上旬果形成，大部分枝叶枯黄，茎生叶脱落；11月中下旬至12月初果实成熟，茎上部的小枝叶及总苞黄绿色，其余的枝叶干枯。果实为瘦果，种子长椭圆形，灰棕色或灰白色。种子千粒重为0.035 g，没有休眠期。

采用动态取样和定株观察相结合的方法，观察记录黄花蒿生长发育情况，并分析其生长中心的变化情况。根据黄花蒿各部位的生长、干物质积累动态和生长中心的转移，将其生长期划分为6个时期，分别是苗期、分枝初期、分枝盛期、蕾期、花期、种子成熟期。苗期从4月下旬至6月上旬，幼苗株高≤60 cm，分枝较少，最长一级分枝长度≤10 cm；分枝初期从6月上旬至6月下旬，植株生长中心偏向于分枝，分枝数急剧增加，株高≤100 cm；分枝盛期从6月下旬至8月下旬，枝叶旺盛生长，植株

各器官干物质积累迅速增加，株高生长十分迅速，分枝数继续增加，茎粗增大明显；蕾期从8月下旬至9月下旬，叶片退化变小，形成花蕾，株高生长停止；花期从9月下旬至10月上旬，花盛开，叶片逐渐枯萎；种子成熟期从10月上旬至11月下旬，种子形成并成熟，叶片几乎全部枯萎。

3.2 主要生长性状

从表2可见，黄花蒿幼苗前期生长较慢，1个月后生长加快，花蕾期株高最大(319 cm)。茎粗同株高的变化趋势基本一致，但相对缓和，在侧枝出现前茎粗生长缓慢，分枝初期茎粗迅速增加，分枝盛期茎粗最大(达2.93 cm)，后期保持相对稳定。出苗后60 d左右，从茎生叶腋处开始长出侧枝，分枝数在分枝初期和分枝盛期快速增加，至9月初达到最大(85个)。根在苗期生长缓慢，分枝期生长迅速，至9月下旬达到最长(36 cm)，后期保持相对稳定。

黄花蒿苗期的叶面积增长速度较慢，单株叶面积平均日增量为120 cm²，分枝盛期几乎呈直线上升，至8月下旬达到3.52 m²，平均日增量为300 cm²。蕾期生长中心由枝叶转向花蕾，叶片逐渐变小，降至3.39 m²。从花期到种子成熟期，功能叶片逐渐减少出现枯萎，单株叶面积迅速减小。

表 1 黄花蒿植株的主要生长性状

Table 1 Main growth characters of *Artemisia annua*

日期 Date (M/D)	株高 Height (cm)	茎粗 (mm) Stem diameter	分枝数 Number of branches	根长(cm) Root length	叶面积 Leaf area (m ²)	干重 Dry weight (g)			
						根 Root	茎 Stem	枝 Branch	叶 Leaf
4/20	20.5±0.7h	0.23±0.04i	0	8.2±0.2m	0.01±0.00jk	0.1±0.0k	0.2±0.1k	0.0	0.3±0.11
5/5	35.3±1.5g	0.29±0.02h	8±1.7j	10.7±0.3l	0.02±0.01ij	0.2±0.1k	0.3±0.2k	0.9±0.2h	0.8±0.3i
5/20	68.9±3.9f	0.54±0.03g	22±2.6i	13.9±0.3k	0.37±0.02h	2.6±0.4k	3.1±0.5k	2.1±0.3h	6.2±0.4k
6/5	220.4±4.1e	2.07±0.09c	31±3.6h	25.3±0.1j	1.41±0.02g	14.2±0.3j	20.2±0.8j	24.9±0.7g	30.2±0.5i
6/20	230.7±5.3d	1.36±0.08f	34±1.1g	26.2±0.5i	1.72±0.03f	22.4±0.7i	43.5±0.8i	56.9±3.2f	43.5±2.8h
7/5	236.5±7.5d	1.45±0.04e	43±1.5f	27.3±0.2h	1.95±0.03e	30.9±0.5h	70.4±1.4h	87.9±5.3e	52.8±3.9g
7/20	248.4±6.9c	2.06±0.12c	61±4.2e	29.0±0.6f	3.03±0.02d	79.0±1.7g	104.0±2.3g	126.3±7.6d	82.0±5.1f
8/5	294.1±7.8b	2.93±0.09a	63±2.7d	28.1±0.4g	3.13±0.02c	97.9±3.1f	147.6±2.1f	227.0±10.4c	117.2±7.3d
8/20	319.4±8.4a	1.95±0.04d	68±2.1c	27.8±0.2g	3.52±0.04a	110.3±2.2e	161.4±5.1e	295.3±12.9b	179.3±7.2b
9/5	318.3±9.1a	2.05±0.06c	85±3.5a	30.6±0.5e	3.40±0.02b	128.5±3.0d	225.3±9.6ab	308.2±15.4a	195.2±9.1a
9/20	316.7±9.6a	2.07±0.04c	84±1.8ab	36.1±0.1a	3.39±0.02b	130.5±2.9d	216.7±12.1cd	292.8±12.8b	153.2±6.0c
10/5	318.5±11.6a	2.08±0.07bc	83±1.2b	35.4±0.3c	0.03±0.01i	137.1±2.1c	213.5±10.8d	296.9±15.3b	96.8±3.9e
10/20	317.6±10.1a	2.10±0.09bc	84±1ab	35.7±0.2b	0.02±0.01ij	213.3±6.2b	221.6±12.9bc	298.8±17.8ab	42.6±2.8h
11/5	318.5±13.4a	2.08±0.11bc	83±2.4b	34.3±0.4d	0.01±0.00ljk	215.3±4.26ab	228.4±4.43ab	301.2±9.03ab	32.6±2.19i
11/20	315.8±8.1a	2.13±0.06b	84±2.6ab	35.5±0.6bc	0.00	217.7±7.16a	230.2±3.78a	291.5±4.10b	21.3±1.11j

同列数据后不同字母表示差异显著(P<0.05, LSD 法检验)。表 2 同。

Data followed different letters within column indicate significant differences at 0.05 level by LSD. The same is Table 2.

3.3 主要生长参数

叶面积系数 黄花蒿苗期的叶面积系数(LAI)很小(0.02)，植株矮小；分枝初期LAI值随着茎叶的生长呈直线上升；分枝盛期和蕾期的LAI维持

在7左右，8月中旬最大(7.04)，此时枝叶最为茂盛，植株郁闭，下部叶片因采光通风差部分出现凋落。花期的LAI降至3以下，花期至种子成熟期，随着叶片的枯萎掉落，LAI值迅速降低。

表2 黄花蒿的主要生长参数

Table 2 Main growth parameters of *Artemisia annua*

日期 (M/D)	LAI	LAR ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$)	SLA ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$)	RGR ($\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$)	NAR ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	CGR ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	R/T
4/20	0.02±0.005i	0.015±0.001b	0.031±0.007de				0.05±0.02h
5/5	0.04±0.01i	0.009±0.003c	0.027±0.012ef	0.082±0.003b	7.32±0.09a	0.21±0.02i	0.11±0.01g
5/20	0.74±0.12h	0.026±0.004a	0.059±0.015a	0.122±0.002a	6.55±0.02b	1.57±0.05h	0.13±0.01g
6/5	2.82±0.98e	0.016±0.002b	0.047±0.008b	0.124±0.002a	6.48±0.17b	10.07±0.54d	0.17±0.04f
6/20	3.44±0.45cd	0.010±0.001c	0.040±0.005bc	0.041±0.004c	3.28±0.06e	10.23±0.25d	0.23±0.02d
7/5	3.9±0.50c	0.008±0.002cd	0.037±0.003cd	0.025±0.003f	2.75±0.11f	10.09±0.21d	0.20±0.03def
7/20	6.06±0.03b	0.008±0.003cd	0.037±0.001cd	0.027±0.003f	4.06±0.06d	19.91±1.40c	0.21±0.01de
8/5	6.26±0.12b	0.005±0.001de	0.027±0.002ef	0.032±0.002e	4.30±0.18c	26.46±0.81a	0.17±0.02f
8/20	7.04±0.01a	0.005±0.001de	0.017±0.003ghi	0.036±0.001d	3.22±0.03e	21.03±0.39b	0.18±0.01ef
9/5	6.8±0.53a	0.004±0.001ef	0.020±0.005fg	0.006±0.001g	1.25±0.07g	8.64±0.12e	0.21±0.02de
9/20	6.78±0.82a	0.004±0.002ef	0.018±0.004gh	0.003±0.001gh	2.77±0.12f	4.45±0.16f	0.32±0.04c
10/5	3.06±0.13de	0.002±0.001efg	0.012±0.001hij	0.002±0.001h	0.83±0.02h	3.47±0.21g	0.34±0.02bc
10/20	2.04±0.08f	0.002±0.001efg	0.010±0.003ij	0.001±0.0004h	0.65±0.02i	3.32±0.19g	0.45±0.04a
11/5	1.24±0.72g	0.001±0.0009fg	0.006±0.002jk	0.001±0.0006h	0.42±0.06j	2.16±0.12h	0.37±0.03b
11/20	0.02±0.004i	0.000g	0.000k	0.001±0.0005h	0.17±0.01k	2.01±0.17h	0.36±0.05b

叶面积比率 黄花蒿整个生长期的叶面积比率(LAR)总体呈下降趋势(表2)。苗期和分枝初期的LAR较高,维持在 $0.01 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ 以上,最高达 $0.026 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$,随黄花蒿的生长发育LAR逐渐下降,至种子成熟期降到 $0.001 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ 以下。

比叶面积 黄花蒿苗期的比叶面积(SLA)较高,约为 $0.05 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$,此时嫩叶截获光的能力较强。分枝初期至蕾期由于叶片逐渐衰老,干物质率较高,SLA有所下降,约为 $0.02\sim 0.03 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ 。花期和果期叶片枯萎凋落,SLA急剧下降(表2)。

净同化率 黄花蒿在整个生长期内,净同化率(NAR)出现两个小高峰,苗期的NAR最大,为 $7.32 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$,此时叶面积系数呈直线上升趋势,叶片之间没有相互遮盖,因此NAR相对较高;分枝初期和盛期的枝叶迅速生长,叶面积系数升高导致NAR降低。花期功能叶片逐渐减少,叶片相互遮盖现象逐渐减少,NAR有小幅上升(表2)。

相对生长率 黄花蒿的相对生长率(RGR)变化较大,苗期RGR迅速升高,6月上旬达最大($0.124 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$),分枝初期迅速降低,分枝盛期又升高,从蕾期至种子成熟期由于植株衰老或缺乏养分供应,相对生长率下降(表2)。

作物生长率 黄花蒿苗期和种子成熟期的作物生长率(CGR)较低,分枝盛期的CGR相对较高,约为 $10 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$,最高达 $26.46 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$;蕾期后CGR开始下降。

根冠比 黄花蒿苗期和分枝初期枝叶稀少,植株生长所需的养分主要靠根系从土壤中吸收,根系生长较快,根冠比逐渐增大。分枝盛期生长中心是枝叶,黄花蒿枝叶快速生长,光合产物提供了生长所需养分,根冠比(R/T)减小,约为0.2。蕾期和花期生长中

心转移至繁殖器官,地下部分干物质大量积累,根冠比逐渐增加,最大达0.45。种子成熟期干物质大量向种子积累,根冠比又下降,收获时约为0.3(表2)。

3.3 干物质积累和分配

干物质积累 黄花蒿生长期内的干物质积累呈S曲线型(图1),符合逻辑斯蒂方程。苗期干物质积累慢,分枝初期和分枝盛期快,花期至种子成熟期略微降低。各器官干物质积累量随生长进程而逐渐增加。根、茎、枝、叶的干物质积累量在分枝初期之前急剧增加。根的干物质积累量在种子成熟期达到最大(217.6 g)。茎和枝在蕾期达到最大,之后下降。叶在分枝盛期达到最大(195.2 g),后期开始出现枯萎,干物质积累逐渐降低。

干物质分配 从图2可见,随着生长发育进程,叶中干物质分配率逐渐下降;茎的干物质分配率在苗期和分枝初期缓慢上升,而在后4个时期基本保持稳定,变化不大;枝的干物质分配率在花期前逐渐增加,开花后地上部分逐渐干枯,枝的干物质分配率也随之下落;根的干物质分配率在花期前变化不大,随着开花结果地上部分逐渐枯萎,根的干物质分配率逐渐增大。从生长期来看,苗期干物质主要分配到叶和茎中,叶占全株干重的50%以上,茎约占22%;分枝初期和分枝盛期,干物质主要集中到枝和叶中,叶占全株干重的30%以上,枝约占36%,此时植株枝繁叶茂;蕾期干物质主要分配到茎和枝中,茎的干物质分配率从21%增至26%,叶的干物质分配率则从26%降至20%,枝的干物质分配率基本维持在35%,花期和种子成熟期干物质主要分配到根中,此时地上部分逐渐枯萎,叶的干物质分配率从20%降至10%,枝的干物质分配率也急

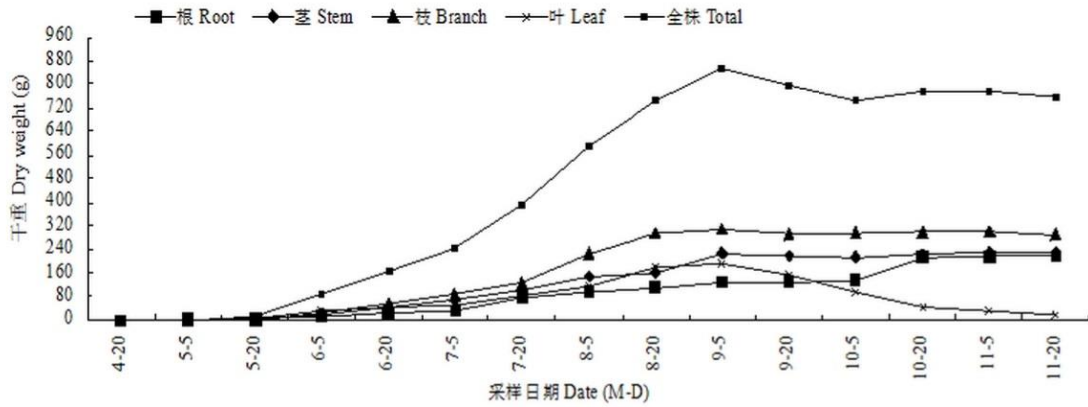


图1 黄花蒿的干物质积累的变化

Fig. 1 Changes in dry matter accumulation in *Artemisia annua*

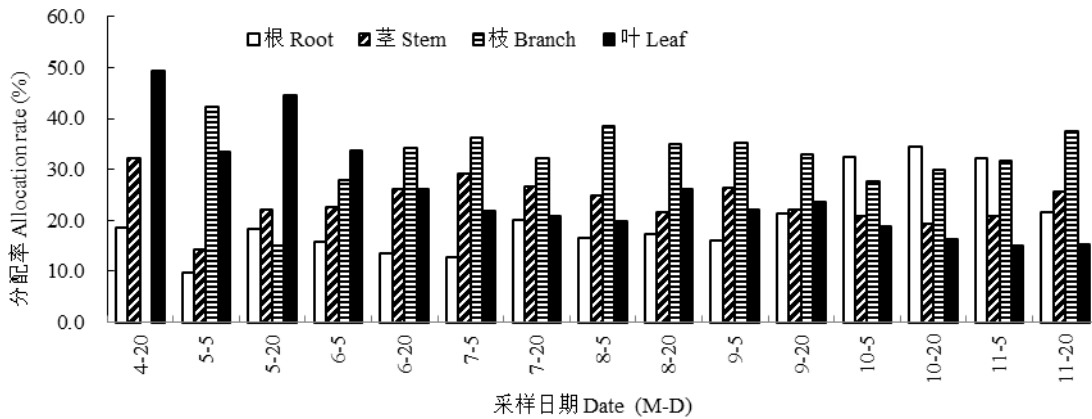


图2 黄花蒿的干物质分配率变化

Fig. 2 Changes in dry matter allocation rate in *Artemisia annua*

剧下降，从35%降至21%，而根的干物质分配率增至37%。

4 结论和讨论

作物生长分析法的特点是在测定干物质增长过程中，同时测定光合作用的器官大小——叶面积，即与光合作用的生理功能密切结合，从而超越生育特性与丰产性能的简单相关关系，深入到生态生理的因果关系^[2]。本研究详细分析了黄花蒿的主要生长参数随生育进程的变化规律，为黄花蒿高产栽培进行合理促控提供科学依据。

黄花蒿整个生长期约为260 d，根据其根、茎、枝叶、花和种子等器官的生长发育特点，结合干物质累积转运及生长中心转移规律，将黄花蒿生长期划分为苗期、分枝初期、分枝盛期、蕾期、花期、种子成熟期6个时期，前后生长期存在重叠现象。

这与一年生植物蒺藜(*Tribulus terrestris*)的生长期分类类似^[14]。

黄花蒿整个生长期的干物质积累规律为苗期慢，分枝初期和分枝盛期快，花期至种子成熟期略微降低，呈S曲线型，符合逻辑斯蒂方程。叶是植物的光合器官，叶片生长关系到植株的生长，叶的发育程度直接关系到药物原料的产量，研究叶的生长规律具有重要的生态及经济意义。苗期叶的发生强度最大，新叶不断产生，叶片的光合作用产物主要累积于叶片，叶片干物质日增量最大，占全株干物质重的50%以上，主要供叶的形成生长所需，剩余的光合产物供给根系和分枝的形成。分枝盛期，叶片继续大量产生，绿叶数最大，叶面积光合势不断增加，叶面积指数达最大，有利于干物质累积，叶产量达到最大。蕾期植株营养生长减慢，叶片逐渐枯萎，绿叶数减少，叶片的干物质累积减少，光合产物主要向花蕾转移并在花蕾中累积，以利于后

期种子的形成。

黄花蒿各器官干物质分配率在生长期有较大变化。苗期干物质主要分配在叶和茎中,叶占全株干重的50%以上;分枝初期和分枝盛期,干物质主要集中在枝和叶中,叶占全株干重的30%以上;花期和种子成熟期干物质主要分配在根中,根干物质分配比例增至37%以上。叶片是提取黄花蒿素的主要原料,黄花蒿的最佳采收期应控制在8-9月叶片干物质积累量较大的这段时期。

正确划分黄花蒿生育时期并掌握其生长参数的变化规律有利于在生产中采取适宜的栽培措施,达到优质高产的目的。苗期和分枝初期生长中心主要集中在茎叶上,应增施氮肥,并配合适时中耕,促进叶片生长,形成良好的根系,为后期植株生长奠定基础;分枝盛期地上枝叶生长迅速,叶面积迅速增加,枝叶干物质显著增加,是植株发育和干物质积累的高峰期,根冠比约为1:5,是黄花蒿叶片增产的关键时期,应继续注重增施氮肥,并配合磷钾肥的施用;分枝盛期向蕾期过渡的时期须适当追施氮肥和钾肥,促进生长中心由营养生长向生殖生长转移,同时延长叶片的功能期,防止过早枯萎,以保证种子形成所需的营养物质。在生产中采取配置适宜的群体结构,如合理密植、间种、套种;增加田间CO₂浓度,适当使用植物生长调节剂等都是增产途径。

参考文献

- [1] State of Pharmacopoeia of People's Republic of China. Chinese Pharmacopoeia [M]. Beijing: China Medicine Science and Technology Press, 2010: 184-185.
国家药典委员会. 中华人民共和国药典 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 184-185.
- [2] ZHANG X, CHEN D X, LI L Y, et al. Growth and developmental rhythm of *Scrophularia ningpoensis* in southwest middle mountain area of China [J]. *Chin J Chin Met Med*, 2014, 39(20): 3915-3921. doi: 10.4268/cjcm20142006.
张雪, 陈大霞, 李隆云, 等. 西南中山地区玄参生长发育规律的研究 [J]. *中国中药杂志*, 2014, 39(20): 3915-3921. doi: 10.4268/cjcm20142006.
- [3] LI L Y, ZHANG Y, QING S Y, et al. Study on ontogeny of *Curcuma longa* L. [J]. *Chin J Chin Met Med*, 1997, 22(10): 587-590.
李隆云, 张艳, 秦松云, 等. 姜黄生育规律研究 [J]. *中国中药杂志*, 1997, 22(10): 587-590.
- [4] LI H Y, LI H B, GAO Y N, et al. Study on growth and total saponins accumulation of *Pulsatilla koreana* [J]. *J Chin Med Mat*, 2011, 34(5): 684-687.
李海燕, 李宏博, 高玉宁, 等. 朝鲜白头翁生长发育与总皂苷积累规律研究 [J]. *中药材*, 2011, 34(5): 684-687.
- [5] Li L Y, Zhang Y, Liao G P, et al. Ontogeny of *Carthamus tincturatus* [J]. *Acta Agro Sin*, 1995, 21(6): 740-745.
李隆云, 张艳, 廖光平, 等. 药用红花生生长发育规律的研究 [J]. *作物学报*, 1995, 21(6): 740-745.
- [6] PIAO J, WANG K. Study on the growth rule of *Atractylodes japonica* [J]. *Chin Agri Sci Bull*, 2014, 30(19): 210-214.
朴锦, 王坤. 关苍术生长发育规律的研究 [J]. *中国农学通报*, 2014, 30(19): 210-214.
- [7] SU S X, LI S, SHANG W Y, et al. Study on growth rule of *Scutellaria baicalensis* [J]. *Chin J Chin Met Med*, 2003, 28(11): 1018-1021.
苏淑欣, 李世, 尚文艳, 等. 黄芩生长发育规律的研究 [J]. *中国中药杂志*, 2003, 28(11): 1018-1021.
- [8] CHEN Y M, ZHANG K Q, SONG B J, et al. Study on the growth, development and artificial propagation of *Hypericum ascyron* [J]. *J Chin Med Mat*, 2011, 34(6): 845-848.
陈玉梅, 张克勤, 宋百军, 等. 长柱金丝桃生长发育及人工繁殖技术研究 [J]. *中药材*, 2011, 34(6): 845-848.
- [9] XU C Q, WEI X, LI F, et al. Studies on propagation technique of *Artemisia annua* [J]. *Guihaia*, 1998, 18(3): 271-274.
许成琼, 韦霄, 李锋, 等. 黄花蒿繁殖技术研究 [J]. *广西植物*, 1998, 18(3): 271-274.
- [10] YANG S P, YANG X, HUANG J G, et al. Effects of application of N, P and K and plant density on growth of *Artemisia annua* and yield of artemisinin [J]. *Chin J Chin Met Med*, 2009, 34(18): 2290-2295.
杨水平, 杨宪, 黄建国, 等. 氮磷钾肥和密度对青蒿生长和青蒿素产量的影响 [J]. *中国中药杂志*, 2009, 34(18): 2290-2295.
- [11] ZHONG F L, CHEN H R, CHEN M. Study on optimal harvest time, parts of *Artemisia annua* and drying methods [J]. *Chin J Chin Met Med*, 1997, 22(7): 405-406.
钟凤林, 陈和荣, 陈敏. 青蒿最佳采收时期、采收部位和干燥方式的实验研究 [J]. *中国中药杂志*, 1997, 22(7): 405-406.
- [12] WEI X, LI F, XU C Q, et al. The effect of different cultivation measures on yield and arteannuin content of *Artemisia annua* L. [J]. *J Guangxi Acad Sci*, 1999, 15(3): 132-136. doi: 10.3969/j.issn.1002-7378.1999.03.009.
韦霄, 李锋, 许成琼, 等. 不同栽培措施对黄花蒿产量和青蒿素含量的影响 [J]. *广西科学院学报*, 1999, 15(3): 132-136. doi: 10.3969/j.issn.1002-7378.1999.03.009.
- [13] LIU K L. Crop Cultivation [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2008: 35-36.
刘克礼. 作物栽培学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 35-36.
- [14] HAN D Y, HAN M, YANG L M, et al. A study on dynamics of *Tribulus terrestris* growth and development [J]. *J Jilin Agri Univ*, 2006, 28(5): 525-529. doi: 10.3969/j.issn.1000-5684.2006.05.013.
韩大勇, 韩梅, 杨利民, 等. 蒺藜生长发育动态研究 [J]. *吉林农业大学学报*, 2006, 28(5): 525-529. doi: 10.3969/j.issn.1000-5684.2006.05.013.