

熊鹏飞,李金玲,曹国璠,等.白术生长动态研究[J].江苏农业科学,2018,46(21):109-113.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.21.027

白术生长动态研究

熊鹏飞^{1,4},李金玲^{1,2},曹国璠¹,赵致^{1,2},王华磊^{1,2},刘红昌^{1,2},王星¹,彭方丽¹,何尧³

[1. 贵州大学农学院,贵州贵阳 550025; 2. 贵州省药用植物繁育与种植重点(工程)实验室,贵州贵阳 550025;

3. 贵州恒霸药业有限责任公司,贵州贵阳 550008; 4. 贵州省植物园,贵州贵阳 550004]

摘要:采用田间定期取样的方式,测定白术生长与品质指标,模拟其生长曲线。结果表明,白术地上部分生长与干物质质量在生长 150 d 左右达最大;白术根茎生长与干物质积累呈“S”形曲线,表现为“慢—快—慢”过程,符合 Logistic 生长模型;整个生育期地上部分和地下部折干率呈增加趋势,地上折干率在生长 60~80 d 时有降低趋势,地下折干率在 80~100 d 时有降低趋势;根冠比先降低后升高,拐点出现在生长 125 d 左右;地下干物质分配率在整个生育期呈增加趋势,在生长 100~125 d 时有降低趋势。白术内酯 I、II、III 含量分别在 60、150、150 d 最大,分别为 0.063%、0.086%、0.108%;白术内酯 I、II、III 单株积累量变化呈倒“V”字形变化,最大积累量分别为 3.90、16.27、20.40 mg/株。白术生长过程划分为苗期、地上部分旺长期、根茎膨大期及倒苗期 4 个时期。根据研究结果,综合判断贵州产白术最佳采收期在生长 200 d 左右即 10 月下旬前。

关键词:白术;生长动态;曲线模拟;生育期

中图分类号: S567.23+3.04

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2018)21-0109-05

中药白术来源于菊科多年生植物白术(*Atractylodes macrocephala* Koidz.)的干燥根茎,在《神农本草经》上被列为

收稿日期:2017-07-19

基金项目:贵州省中药现代化科技产业研究开发专项(黔科合中药字[2013]3005号);贵州省中药现代化科技产业研究开发专项(黔科合中药字[2012]5002号);贵州省作物学重点学科(黔学位合字 ZDXK[2014]8号);贵州省药用植物繁育与种植人才基地(黔人领发[2013]15号)。

作者简介:熊鹏飞(1988—),男,贵州思南人,研究实习生,主要从事药用植物栽培的研究工作。E-mail:395128558@qq.com。

通信作者:曹国璠,博士,教授,主要从事作物栽培学方面的教学与研究工作。E-mail:cgg8933@126.com。

其有性后代的耐盐性未作进一步研究^[5]。本试验将蒲公英叶片愈伤组织接种在盐浓度递增的诱导培养基上,筛选出了耐盐的愈伤组织突变体。虽然这种方法容易产生生理适应的细胞或组织,但是本试验结果表明,可以获得不同浓度级别的蒲公英耐盐愈伤组织变异系。

利用组织和细胞培养筛选耐盐性突变体植株,虽然在我国已取得较大进展,但仍存在一些问题需要解决^[9-10]。如部分植物的愈伤组织或细胞系的耐盐性和再生植株的耐盐性表现并非完全一致、耐盐系难以分化成再生植株、耐盐突变体植株农艺性状的改变等。目前,笔者将不同耐盐级别的愈伤组织突变体再生出完整植株移栽入大田,并已开花结实。下一步将进行田间的耐盐性鉴定,直接鉴定耐盐变异体的耐盐程度和变异稳定性。

参考文献:

[1]高玉红,李云.植物离体培养筛选耐盐突变体的研究[J].核农学报,2004,18(6):448-452.

上品,气清香,味甘、微辛,嚼之略带黏性,具有健脾益气、燥湿利水、止汗安胎功效^[1]。白术主产于浙江、贵州、湖南、安徽、河北等地^[2]。白术属于大宗类药材,市场需求量较大,近年来白术栽培面积不断扩大,白术的栽培技术显得尤为关键。目前关于白术栽培方面的研究主要在种源遗传多样性^[3-4]、种子种苗特性^[5-7]、简单肥料试验^[8-9]、种源品质比较^[10-12]及病虫害^[13-15]等方面,而栽培技术系统研究的基础是生长发育规律,但是目前关于白术生长发育规律研究仅见于对白术生育时期的简单划分^[16]和白术地下根茎的发育规律^[17],对于白术地上部和地下部生长动态的定量分析及其干物质分配率方面的研究尚未见报道。在白术栽培过程中,为了获得较大的产量,本研究在白术生育过程中对现蕾期进行摘蕾处理,

[2]陈华,李银心.蒲公英研究进展和用生物技术培育耐盐蒲公英展望[J].植物学通报,2004,21(1):19-25.

[3]杨升,张华新,张丽.植物耐盐生理生化指标及耐盐植物筛选综述[J].西北林学院学报,2010,25(3):59-65.

[4]李爱贤,刘庆昌,王玉萍,等.甘薯耐旱、耐盐突变体的离体筛选[J].农业生物技术学报,2002,10(1):15-19.

[5]张新果,李银心,陈华,等.药蒲公英耐1.5% NaCl 变异体的筛选及特性分析[J].生物工程学报,2008,24(2):262-271.

[6]李娟.马铃薯愈伤组织培养和耐盐突变体的离体筛选[D].杨凌:西北农林科技大学,2003:1-46.

[7]杜雪玲,余如刚,宋运贤,等.‘巴斗’杏再生体系的建立与耐盐突变体的筛选[J].植物生理学报,2011,47(3):269-274.

[8]叶晓青,余建明,贾新平,等.百喜草体细胞耐盐突变体筛选技术研究[J].江苏农业学报,2012,28(6):1247-1252.

[9]王仑山,王鸣刚,王亚馥.利用组织和细胞培养筛选作物耐盐突变体的研究[J].植物学通报,1996,13(2):7-12.

[10]杨升,张华新,张丽.植物耐盐生理生化指标及耐盐植物筛选综述[J].西北林学院学报,2010,25(3):59-65.

对其地上部、地下部各表观指标(生物量、干物质量,折干率、根冠比、干物质分配率及药材品质动态变化)进行测定,掌握白术的生长特性,为以后白术生产采取适宜的栽培管理措施提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试剂仪器

白术试材来源于贵州松桃华源药材种植公司,由贵州大学王华磊教授鉴定为菊科苍术属植物白术。在白术现蕾后,进行摘蕾处理。

Agilent 1260 液相色谱仪,白术内酯 I (批号 111975—201501)、白术内酯 II (批号 111976—201501)、白术内酯 III (111976—201501)均购于中国药品食品检定研究院,含量≥99.9%。甲醇(分析纯,天津富宇精细化工有限公司)、甲醇(色谱纯,德国 Merck)、乙腈(色谱纯,德国 Merck),水为纯化水。

1.2 试验方法

试验于 2014 年 2—11 月在贵州省松桃苗族自治县长兴堡镇寨云村贵州恒霸药业白术种植基地进行,基地位于 109°10′~109°17′E,28°20′~29°01′N,海拔 650~680 m,土壤质地为黏壤土。土壤 pH 值 5.20,碱解氮含量为 4.42 mg/kg,有机质含量为 40.32 g/kg,有效磷含量为 10.65 mg/kg,速效钾含量为 40.80 mg/kg。

试验白术于 2014 年 2 月下旬移栽,行株距为 25 cm×12 cm。随机抽出 30 株白术苗进行规格测定,根长最长为 22.11 mm,最短为 8.42 mm,根直径最大为 14.81 mm,最小为 7.58 mm,根质量平均 4.32 g/株。田间管理同大田栽培,施入复合肥(贵州西洋肥业有限公司)60 kg/667 m²,尿素(贵州赤天化股份有限公司)50 kg/667 m²。其中复合肥 30 kg/667 m² 作为底肥,4 月下旬施 30 kg/667 m² 尿素作第 1 次追肥,6 月中旬摘蕾后施入剩余肥料作第 2 次追肥。

在白术出苗后,于 2014 年 4 月 7 日开始取样,至 2014 年 10 月 29 日结束,共取样 10 次,每次取样 20 株,前 5 次每隔 20 d 取样 1 次,后 5 次每隔 25 d 取样 1 次。采样样品均在 50 ℃ 烘干。具体取样日期见表 1。

表 1 取样日期与生长天数对应

取样日期(月-日)	生长时间(d)
04-07	20
04-27	40
05-17	60
06-06	80
06-26	100
07-21	125
08-15	150
09-09	175
10-04	200
10-29	225

1.3 测定指标及其计算方法

1.3.1 主要生长指标测定 株高:茎基部到植株顶部的高度。茎粗:茎基处的直径。叶片数:全株绿叶数。根茎长度:根茎基部到顶部的长度。根茎直径:分别测量根茎基部、中部、顶部的直径。植株生物量:分地上茎叶与地下根茎,10 株

1 组称鲜质量。干物质积累量:地上茎叶 105 ℃ 杀青 30 min,再经 50 ℃ 烘干至恒质量,地下根茎直接 50 ℃ 烘干至恒质量。根茎体积采用浸入排水法测定。水分、灰分、浸出物参照《中国药典版(一部):化学成分分析简明手册》2010 方法测定。具体测定计算公式如下:

根茎长度、直径日均增长率 = $(l_n - l_{n-1}) / (t_n - t_{n-1})$, $2 \leq n \leq 10$;公式中 l_n 表示第 n 次取样根茎长度、直径。 t_n 表示第 n 次取样的植株生长时间,d。

地上部分折干率 = m_2 / m_1 ;地下部分折干率 = m_4 / m_3 ;根冠比 = m_4 / m_2 ;地上部分干物质分配率 = $m_2 / (m_2 + m_4)$,地下部分干物质分配率 = $(m_4 - m_0) / (m_2 + m_4)$ 。以上公式中 m_1 表示地上部分生物量, m_2 表示地上部分干物质量, m_3 表示地下部分生物量, m_4 表示地下部分干物质量, m_0 表示白术苗干物质量。

1.3.2 生理指标白术内酯 I、II、III 含量的测定 使用高效液相色谱法对内酯 I、II、III 含量进行测定。

1.3.2.1 测定色谱条件与系统适应性 色谱条件参照段启的方法^[18]略有改动。色谱柱:Agilent SB-C₁₈柱(5 μm,4.6×250 mm);流动相:乙腈(A)-水(B);柱温:25 ℃;流速:1.0 mL/min;进样量:10 μL;检测波长:白术内酯 I 为 276 nm,白术内酯 II、III 为 220 nm;记录时间 24 min。梯度洗脱条件见表 2。

表 2 洗脱条件

时间 (min)	流动相	
	乙腈(%)	水(%)
0	60	40
14	60	40
16	76	24
24	100	0

1.3.2.2 供试品制备 取过 100 目筛的白术粉末约 2.0 g,置 50 mL 具塞锥形瓶中,精确称定,加入甲醇 20 mL,称定质量,浸泡 30 min,超声 30 min,冷却至室温,加甲醇补足减失的质量,过滤,取续滤液,加甲醇定容至 25 mL,过 0.45 μm 微孔滤膜,取滤液作为供试品溶液。

1.3.2.3 对照品制备 精确称取白术内酯 I、II、III 分别 6.00、6.10、2.55 mg 对照品置于 25 mL 容量瓶中,加甲醇溶解并定容,制成白术内酯 I、II、III 质量浓度分别为 0.240、0.244 和 0.102 mg/mL 的混合对照品溶液,放入冰箱待用。

1.3.2.4 线性关系考察 精确吸取 1.0、2.0、3.0、4.0、6.0、8.0、10.0、20.0 μL 混合对照品溶液注入高效液相色谱仪,测定色谱峰面积,以进样量(mg)为横坐标,色谱峰面积为纵坐标,绘制标准曲线。白术内酯 I 标准曲线: $y = 4 \times 10^6 x - 85.162$;白术内酯 II 标准曲线: $y = 4 \times 10^6 x + 53.127$;白术内酯 III 标准曲线: $y = 3 \times 10^6 x - 30.519$;r 均为 0.999 5。

1.4 数据分析

采用 SPSS 20.0 和 Excel 2007 对数据进行整理分析并作图。

2 结果与分析

2.1 白术地上部分生长动态变化

由表 3 可知,白术生长前 20 d,茎节较短,茎较粗,生长

20~40 d,株高增加,茎节伸长,茎粗变小,40 d 后,随着生长时间的延长,茎粗逐渐增大,生长 125 d 时,茎粗达到最大,125 d 后逐渐减小,可能原因是茎木质化程度增加,基部叶柄脱落。生长前期株高快速增长,生长 80 d 后达到最大值,摘蕾处理后株高稳定。生长前 60 d 一级分枝生长较慢,60 d 后分枝生长加快,至 175 d 达到最大分枝数。生长前 60 d 叶片数生长变化与分枝数变化一致,60 d 后生长加快,至 150 d 达到最大叶片数,150 d 后基部叶片开始衰老脱落,叶片数开始减少。

表 3 白术植株地上部主要性状生长动态

生长时间 (d)	茎粗 (mm)	株高 (cm)	分枝 (枝/株)	叶片数 (张/株)
20	6.22	7.98	0.10	8.05
40	6.12	21.54	2.25	17.95
60	8.17	35.05	6.75	33.60
80	8.61	57.50	13.20	198.75
100	10.48	56.64	13.55	295.10
125	10.70	56.52	13.65	341.40
150	10.52	56.66	14.90	355.10
175	10.39	56.35	17.55	330.45
200	10.02	55.88	17.40	301.65
225	9.46	52.68	17.00	269.15

表 4 白术地下根茎性状指标

生长时间 (d)	块根直径		块根中部		块根底部		根茎长度		根茎体积	
	直径 (mm)	日均生长速率 (mm/d)	直径 (mm)	日均生长速率 (mm/d)	直径 (mm)	日均生长速率 (mm/d)	大小 (cm)	日均生长速率 (mm/d)	大小 (cm ³)	日均增大速率 (cm ³ /d)
20	10.54		10.29		11.74		25.68		5.00	
40	10.94	0.02	11.75	0.07	13.19	0.07	27.76	0.10	5.60	0.03
60	11.99	0.05	11.86	0.01	14.98	0.09	30.93	0.16	7.50	0.10
80	14.34	0.12	16.05	0.21	17.46	0.12	48.66	0.89	14.50	0.35
100	17.35	0.15	19.37	0.17	18.99	0.08	58.84	0.51	24.75	0.51
125	17.96	0.02	22.19	0.11	22.45	0.14	60.61	0.07	26.25	0.06
150	25.24	0.29	26.45	0.17	25.27	0.11	66.87	0.25	50.70	0.98
175	26.70	0.06	27.09	0.03	25.93	0.03	69.87	0.12	55.50	0.19
200	27.65	0.04	28.00	0.04	26.51	0.02	72.39	0.10	64.30	0.35
225	32.73	0.20	29.42	0.06	31.04	0.18	77.65	0.21	76.15	0.47

2.3 白术根茎鲜质量及干质量动态变化

由图 1 可见,白术地上茎叶鲜质量与干质量随生长时间的延长而先增大后减小,呈抛物线形变化,说明在生长前期,光合产物主要用于地上茎叶生长,鲜质量在 150 d 左右达到最大,为 208.61 g/株,干质量在 125 d 左右达到最大,约为 66.69 g/株。白术产量形成过程,实际上是地下根茎膨大与根茎干物质积累过程,白术根茎膨大与干物质积累各个指标表现为“慢—快—慢”,整个生长过程呈“S”形曲线,符合 Logistic 方程,用 Logistic 方程对地下根茎鲜质量(主根及须根)和干质量进行模拟,由表 5 可见, r^2 均达到 0.98 以上,达到极显著水平。对模拟方程进行求二阶导数可得生长速率最大点,求三阶导数可得生长速率的 2 个拐点。根茎鲜质量 2 个拐点分别为 83.77、174.60 d,即前 84 d 根茎生长缓慢,在生长 84~175 d,生长迅速,日均生长量为 0.50 g/株,其中在生长 130 d 时达到整个生长期的最大生长速率,为 0.57 g/株。根茎干质量增长的 2 个拐点分别为 110.04、195.01 d,即地下干质量增长主要集中在 111~196 d,日均生长量为 0.23 g/株,其中在生长 153 d 时,积累速率达到最大,

2.2 白术地下部分生长动态变化

由表 4 可知,白术地下各部分指标都随生长时间延长而增长,根茎基部全生育期日均生长速率为 0.11 mm/d,在 60~80 d、80~100 d、200~225 d 这 3 个生长阶段生长较快,日均生长速率分别为 0.12、0.15、0.20 mm/d,在 125~150 d 生长速率最快,日均生长速率达到 0.29 mm/d。根茎中部全生育期日均生长速率为 0.09 mm/d,在 80~100 d、100~125 d、125~150 d 生长较快,日均生长速率分别为 0.17、0.11、0.17 mm/d,其中在 60~80 d 生长最快,日均生长速率达到 0.21 mm/d。根茎底部全生育期日均生长速率为 0.09 mm/d,在 60~80 d、100~125 d、125~150 d 生长较快,日均生长速率分别为 0.12、0.11、0.14 mm/d,在 200~225 d 生长最快,日均生长速率达到 0.18 mm/d。根茎长度全生育期日均生长速率为 0.25 mm/d,在 80~100 d 生长较快,日均生长速率为 0.51 mm/d,在 60~80 d 生长速度最快,日均生长速率达到 0.89 mm/d。根茎体积的增大主要是由于根茎长度与直径的变化,根茎体积全生长期的日均增大速率为 0.35 mm³/d,在 80~100 d、200~225 d 体积增大较快,日均体积增大速率分别为 0.51、0.47 cm³/d,在 125~150 d 增大最快,日均增大速率达到 0.98 cm³/d。

为 0.26 g/株。叶片是白术干物质积累的主要光合源,地上茎叶与地下根茎是光合产物的主要库,生长前 110 d 叶片光合产物主要流向地上库,用于地上茎叶生长。111~153 d,光合产物一部分流向地上库,用于维持地上茎叶的生长,一部分流向地下库,用于根茎膨大;153~195 d,地上茎叶生长基本停止,光合产物主要流向地下库,用于根茎膨大,196 d 后地上茎叶衰老加速,养分逐渐回流。

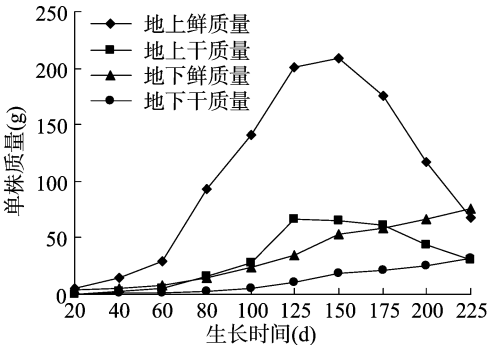


图1 白术各部分鲜、干质量动态变化

2.4 白术折干率、根冠比、干物质分配率、药材品质的动态变化

折干率的变化趋势与生物量密切相关,能反映干物质积累程度及利用价值^[19]。由表 5 可见,白术植株折干率随生长时间的延长呈增大趋势,说明糖、蛋白质等物质在白术体内得到积累,干物质相对含量增加。生长前 125 d,白术地上茎叶折干率随生长时间的延长而增大,生长 125 ~ 150 d 有所下降,生长 150 d 后,折干率随生长时间的延长又增大。白术地下根茎折干率随生长时间的延长而增大。

表 5 白术根茎鲜、干质量曲线

模拟方程	r^2
根茎鲜质量: $y = \frac{78.117}{1 + 42.363e^{-0.029t}}$	0.994
根茎干质量: $y = \frac{33.330}{1 + 113.107e^{-0.031t}}$	0.986

根冠比的大小反映地上部分与地下部分的相关性,能够体现植物光合产物的分配情况^[20-24]。由表 5 可知,白术在整个生育期根冠比变化较大,由于生长前期白术根茎大部分干物质是前一年积累的,根冠比较大,随着生长时间的延长,光合产物主要用于地上部分快速生长,地下部生长较慢,根冠比变小,在生长 125 d 左右,根冠比最小。生长 125 d 后,光合产物逐渐加大向地下部分运转,地上部分生长变慢,加之植株开始衰老,水分散失、叶片脱落,导致茎叶生物量降低,致根冠比增大。

由图 2 可知,白术生长前 125 d,光合产物主要用于地上茎叶生长,地上干物质分配较多,20 d 时最多,生长 20 ~ 100 d 时光合产物有一部分流向地下,根茎干物质缓慢增加,地上干物质分配缓慢减少。在生长 125 d 时地上干物质分配有所增大,是由于地上干物质量达到最大,125 d 后光合产物逐渐加大向地下部分运转,地上干物质分配率变小。

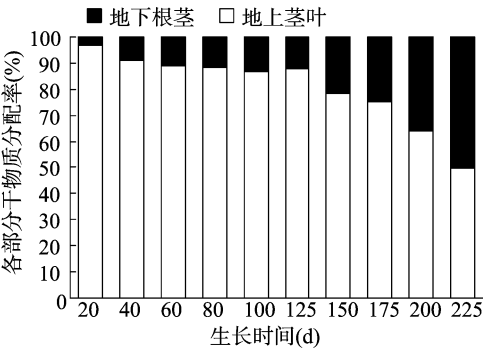


图2 白术地上茎叶与地下根茎干物质分配动态变化

由表 6 可知,白术水分、灰分、浸出物是检验白术药材质量的重要指标,整个生育期,水分含量在生长 200 d 后低于 5%,灰分含量只有在 200 d 左右低于 5%,浸出物含量只有在生长 200 d 左右高于 35%,达到 36.10%。综上,只有在生长 200 d 左右水分、灰分和浸出物含量均达到《中华人民共和国药典》要求。根据《中华人民共和国药典》对白术品质的要求,建议白术在生长 200 d 左右进行采收。

2.5 白术内酯 I、II、III 含量动态变化

白术内酯 I、II、III 是白术的特征性成分。由表 7 可以看出,整个生育期白术内酯 I、II、III 含量动态不呈规律性变化,

表 6 白术折干率、根冠比、药材品质的动态变化

生长时间 (d)	折干率(%)		根冠比 (%)	水分含量 (%)	灰分含量 (%)	浸出物 含量(%)
	地上部分	地下部分				
20	12.70	14.53	107.49	11.10	10.25	30.24
40	14.65	16.10	38.81	9.89	10.01	26.91
60	17.62	16.84	24.94	11.32	11.26	27.34
80	17.39	19.93	17.21	9.83	13.52	32.30
100	19.55	19.82	17.28	10.11	10.53	33.29
125	33.13	29.06	15.08	9.99	7.51	33.01
150	31.55	35.56	28.80	9.09	6.77	29.83
175	35.10	36.73	34.54	6.96	6.47	27.96
200	37.35	37.71	58.07	4.99	4.47	36.10
225	45.93	42.51	102.45	4.72	5.33	34.18

白术内酯 I 含量在生长 60 d 左右时最高,含量为 0.063%。白术内酯 II、III 在生长 150 d 左右时含量最高,分别为 0.086%、0.108%,总内酯含量在生长 150 d 左右含量最高,为 0.213%。

表 7 白术内酯 I、II、III 含量动态变化

生长时间 (d)	白术内酯 I 含量(%)	白术内酯 II 含量(%)	白术内酯 III 含量(%)	总内酯含量 (%)
20	0.020	0.007	0.050	0.076
40	0.045	0.002	0.009	0.056
60	0.063	0.044	0.053	0.160
80	0.017	0.061	0.053	0.131
100	0.009	0.073	0.047	0.129
125	0.017	0.004	0.062	0.083
150	0.019	0.086	0.108	0.213
175	0.018	0.065	0.076	0.159
200	0.012	0.036	0.017	0.065
225	0.005	0.024	0.011	0.040

2.6 白术内酯单株积累量动态变化

由图 3 可见,在白术整个生育期,白术内酯 I、II、III 单株积累量呈倒“V”字形动态变化,单株积累量最多主要在根茎膨大期。在生长前 60 d,白术内酯 I 积累量随生长时间的延长而增加,生长 60 ~ 100 d,积累量有减少趋势,100 d 后,随生长时间延长而增加,至 175 d 达到最高,为 3.90 mg/株,175 d 后积累量减少。生长前 40 d,白术内酯 II 积累量随生长时间延长而减少,40 ~ 100 d 随生长时间延长而增多,100 d 后含量降低,至 125 d 时随生长时间延长含量逐渐增加,至 150 d 达到最高,为 16.27 mg/株,150 d 后积累量减少。生长前 40 d,白术内酯 III 积累量随生长时间延长而减少,40 ~ 150 d 随生长时间延长而增多,至 150 d 达到最大,为 20.40 mg/株,150 d 后积累量减少。

2.7 白术生育时期划分

根据白术生长发育特点及干物质积累动态,在白术出苗后,可将白术植株个体生长过程分为苗期、地上部分旺长期、根茎膨大期及倒苗期,具体生育时期划分见表 8。

3 结论与讨论

白术栽培产量取决于地下根茎的膨大与干物质的积累,白术地下根茎生长符合“S”形曲线生长。根据“源库”理论,根茎作为白术最主要的“库”,“库”的增加受到地上“源”的

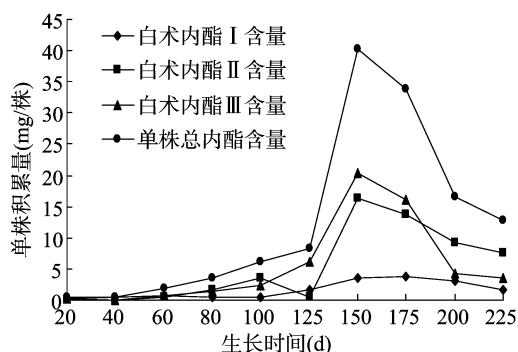


图3 白术内酯单株积累量 I、II、III 动态变化

表 8 白术生育时期划分

生育期	历时	生长中心	特点
苗期	60 d(3 月中旬至 5 月中旬)	叶	叶片生长,少量分枝
地上部分旺长期	50 d(7 月上旬)	叶和根茎	分枝、叶片大量生长,开始现蕾
根茎膨大期	85 d(9 月下旬)	叶和根茎	叶片数达到最多,株高稳定,根茎迅速膨大及根茎干物质增加
倒苗期	30 d(11 月上旬)	根茎	叶片枯萎,功能叶减少,根茎持续膨大

正确划分白术生育时期,有利于选择适宜的栽培管理措施。白术出苗后,根据白术地上部分和地下部分的生长发育特点及干物质积累与分配规律,将白术生育时期划分为苗期、地上部分旺长期、根茎膨大期及倒苗期。苗期和地上部分旺长期,应该增施氮肥,促进地上茎叶生长。根茎膨大期及养分回流期应增施氮肥、磷肥和钾肥,可以延长叶片功能期,防止叶片过早枯萎,保证根茎形成所需要的营养物质,同时促进光合产物向地下转移。

白术苗期与地上部分旺长期,光合产物主要用于地上部分生长,少部分转移到地下根茎。根茎膨大期,白术地上部分生物量与干物质积累量都达到最大,光合产物加快向地下根茎转移。倒苗期,地上部分衰老加速,养分继续向地下根茎转移。

参考文献:

- [1] 曾元儿. 中国药典 2010 年版(一部):化学成分分析简明手册[M]. 广州:中山大学出版社,2010:95.
- [2] 郭巧生. 药用植物栽培学[M]. 北京:高等教育出版社,2004:245-252.
- [3] 孙 靓,郑玉光,袁 媛,等. 白术遗传多样性 ISSR 分析[J]. 中国中药杂志,2012,37(22):3381-3385.
- [4] 刘逸慧,陈斌龙,周晓龙,等. 药用植物白术栽培群体的遗传多样性研究[J]. 中国中药杂志,2008,33(23):2756-2760.
- [5] 沈宇峰,王志安,俞旭平,等. 白术种子生活力测定方法及其与发芽率的相关性研究[J]. 中国中药杂志,2008,33(3):248-250.
- [6] 赵文吉,李 敏,何俊蓉. 基于不同来源白术种子的质量评价研究[J]. 现代中药研究与实践,2012(6):18-22.
- [7] 王小玲,陈 荣,姚国富,等. 不同等级白术秧苗(人栽)栽培对比试验初报[J]. 中国林副特产,2011(6):22-24.
- [8] 林伟群,张来城. 白术南引适应性观察及高产栽培技术研究[J]. 作物杂志,2005(1):57-59.
- [9] 廖育林,郑圣先,戴平安,等. 磷钾硼锌肥对百合、白术产量和养分吸收的影响[J]. 土壤通报,2006,37(6):1146-1151.

影响。付顺华等研究表明,白术根茎质量与地上茎叶各指标存在显著正相关^[25]。本试验研究表明,在生长 150 d 后,白术地上生物量和叶片数达到最大值,地下干物质积累速率也达到最大值。对白术地下生物量和干物质积累量的曲线模拟表明,白术根茎生物量增长的第 1 个拐点是 84 d,干物质积累的第 1 个拐点是 111 d,出现拐点推后的原因可能是 80 ~ 110 d 地下部分生长较快,但折干率较低,水分含量较高。

根据产量与药典对白术品质的要求进行综合考虑,建议贵州产白术最佳采收期在生长 200 d 左右即 10 月下旬前,如果以内酯类成分为主要药用成分,可将生长 175 d 即 9 月上旬作为最佳采收期。

- [10] 杨舒婷,龚华栋,赵云鹏,等. 产地与种源对白术药材质量的影响[J]. 中药材,2013,36(6):890-892.
- [11] 陈 慧,杨志玲,杨 旭,等. 相同栽培条件下不同来源白术中 5 种有效药用成分测定与比较[J]. 中成药,2015,37(2):374-378.
- [12] 王 瑶,田 薇,王舒琳,等. 浙江不同产区白术质量评价研究[J]. 中草药,2012,43(8):1615-1620.
- [13] 臧少先,安信伯,石丽军,等. 白术根腐病症状类型及病原鉴定[J]. 河北农业大学学报,2005,28(3):73-76.
- [14] 陈 慧,杨志玲,袁志林,等. 白术连作根际土壤的理化性质及微生物区系变化[J]. 植物资源与环境学报,2014,23(1):24-29.
- [15] 乐 巍,王永珍. 白术栽培中主要病害防治研究[J]. 时珍国医国药,2001,12(6):575.
- [16] 章文伟,邓才富,罗 舜,等. 白术的生长发育规律研究[J]. 现代中药研究与实践,2010(4):11-13.
- [17] 白 岩,张 艳,杨潮锋,等. 白术比叶重与地下根茎干质量变化规律及相关性研究[J]. 中药材,2009,32(7):1013-1016.
- [18] 段 启,许冬瑾,谢 晨. HPLC 法测定白术不同炮制品中白术内酯 I、II、III[J]. 中草药,2008,39(9):1343-1345.
- [19] 张 杰,贾志宽,韩清芳. 不同养分对苜蓿茎叶比和鲜干比的影响[J]. 西北农业学报,2007,16(4):121-125.
- [20] 耿浩林,王玉辉,王凤玉,等. 恢复状态下羊草(*Leymus chinensis*)草原植被根冠比动态及影响因子[J]. 生态学报,2008,28(10):4629-4634.
- [21] 陈 健,陈 义,杨立飞,等. 不结球白菜体内硒积累量与生理损伤指标的相关性[J]. 江苏农业学报,2016,32(2):424-429.
- [22] 董 月,安 霞,张 辉,等. 不同品种甘薯的生物量累积、养分吸收和分配规律[J]. 江苏农业学报,2016,32(2):313-318.
- [23] 易 能,薛延丰,石志琦,等. 微囊藻毒素对水稻种子萌发和幼苗生长的胁迫作用[J]. 江苏农业学报,2016,32(4):729-735.
- [24] 高建芹,陈 松,彭 琦,等. 苗期喷施烯效唑对油菜生长及产量和品质的影响[J]. 江苏农业学报,2016,32(2):305-312.
- [25] 付顺华,陈斌龙,何福基,等. 白术植株性状相关性的研究[J]. 中药材,2003,26(10):695-697.