

麦冬块根发育及其形态变化规律研究

吴发明^{1,2}, 赵春艳^{1,3}, 杨瑞山¹, 曾俊¹, 高思佳¹, 李敏¹, 包小红³, 周娟³

1. 成都中医药大学 中药材标准化教育部重点实验室, 中药资源系统研究与开发利用国家重点实验室, 四川 成都 611137

2. 遵义医学院, 贵州 遵义 563003

3. 四川省食品药品检验检测院, 四川 成都 611137

摘要: **目的** 探讨麦冬块根膨大及药材形成规律, 为麦冬新品种选育奠定基础。**方法** 大田栽培, 间隔 7~10 d 连续采样。以测定 15 株均值计算麦冬各部分干物质分配和积累规律, 以测定 15 粒均值计算块根数量、大小变化, 采用光学显微镜对麦冬块根纤维特征进行观察, 并参照《中国药典》2015 年版麦冬项下性状描述对麦冬药材性状变化进行观测记录。**结果** 在四川地区麦冬块根从 10 月份开始膨大至次年 4 月结束。最初形成的生长于麦冬茎基的不定根多为营养根, 可膨大形成块根的不定根多为后期茎基部四周生长出的不定根。麦冬单株块根基本在 5~20 个, 多数在 8~10 个, 极个别超过 20 个。不定根一般从根尖一端开始膨大逐渐延长形成纺锤形块根, 块根形成后根尖可继续生长形成不定根, 新形成的不定根可进行 2 次膨大, 极个别不定根可出现 3 次膨大, 形成串珠状。显微观察结果显示麦冬块根膨大主要是由皮层细胞体积增大和细胞层数增加形成, 其中皮层细胞体积增大起主导作用。麦冬块根开始膨大, 须根和茎叶部分干物质积累快速减缓至最终停止, 块根干物质积累在前期增长速率快至 3 月中下旬基本呈动态平衡, 药材性状整体表现为从干瘪向饱满变化的过程。**结论** 研究结果全面反映了麦冬块根膨大过程的表现变化规律, 为麦冬块根发育机制的研究指明了方向。

关键词: 麦冬; 块根; 发育动态; 物质积累; 性状质量

中图分类号: R286.21 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2018)08-1907-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2018.08.026

Study on development and morphological change rules of root tuber of *Ophiopogon japonicus*

WU Fa-ming^{1,2}, ZHAO Chun-yan^{1,3}, YANG Rui-shan¹, ZENG Jun¹, GAO Si-jia¹, LI Min¹, BAO Xiao-hong³, ZHOU Juan³

1. State Key Laboratory Breeding Base of Systematic Research, Development and Utilization of Chinese Medicines Resources, Key Laboratory of Standardization of Chinese Medicinal Materials of Ministry of Education, Chengdu University of TCM, Chengdu 611137, China

2. Zunyi Medical University, Zunyi 563003, China

3. Sichuan Institute for Food and Drug Control, Chengdu 611137, China

Abstract: Objective To investigate the rules of root tuber enlargement and medicinal materials formation, and lay the foundation for breeding a new *Ophiopogon japonicus* variety. **Method** The study was carried out with field cultivation. Samples were collected continuously for every interval 7—10 d. The rules of dry matter distribution and accumulation in each parts of *O. japonicus* was calculated based on the mean value of 15 plant samples. The number and size of root tuber were calculated based on the mean value of 15 samples. The fiber characteristics of root tuber of *O. japonicus* were observed by optical microscope. Characters of *O. japonicus* were observed according to the *Chinese Pharmacopoeia* 2015 edition and recorded the changes of medicinal characteristics. **Results** The root tuber of *O. japonicus* inflated starting from October to April in the next year in Sichuan province. Adventitious roots were initially

收稿日期: 2017-10-23

基金项目: 川贝母、麦冬等 7 种中药饮片标准化建设 (ZYBZH-Y-SC-40); 川产道地药材 (麦冬) 产业化发展示范县项目 (2017ZY003); 麦冬大健康产品开发 (2017C003); 麦冬整合式产业链综合开发研究 (2015SZ0033); 川芎、泽泻等 4 种川产道地药材中植物生长调节剂、农药、重金属等残留分析及植物生长调节剂对质量影响的研究 (2018SZ0058)

作者简介: 吴发明, 男, 博士, 副教授, 研究方向为中药品种、质量及资源研究。Tel: 18215697609 E-mail: 283131241@qq.com

***通信作者** 李敏, 教授, 博士生导师, 研究方向为中药品种、质量及资源研究。Tel: 13980038316 E-mail: 028limin@163.com

formed into nutritive roots around caudex, and able to form into root tuber around caudex later. Tuber number of per plant is basic from 5 to 20, most in 8—10, very few more than 20. Adventitious roots expanded gradually into a fusiform root from one end of root tip, root tip can continue to grow to form adventitious roots after the formation of root tuber, the newly formed adventitious roots could be expanded for the second time, very few might appear swollen three times to form beads. Microscopic observation showed that root tubers were inflated primarily by the enlargement of cortical cells and the increase of cell layers, in which cortical cells enlargement played a leading role. While tubers started expanding, the accumulation of dry matter in fibrous roots and stem leaves quickly slowed to stop eventually, and the accumulation of root dry matter increased rapidly in the early stage, and it kept basically dynamic balance in mid and late March, and the whole behavior of medicinal materials was in the process from dry to full. **Conclusion** The results show the apparent change rules of *O. japonicus* root tuber in the expanding process, which proves the direction and goal for research on the mechanism of root tuber development of *O. japonicus*.

Key words: *Ophiopogon japonicus* (L. f) Ker. -Gawl.; root tuber; development dynamics; material accumulation; quality of character

块根是由不定根或侧根发育而来,不同植物块根发育过程中其形态变化规律各不相同^[1-3]。块根在发育过程中其表观特征不仅受自身遗传因子的控制,同时还受环境因子的影响,可以说块根膨大与否、膨大数量、膨大程度是内在遗传因子和外在环境因子共同作用的结果^[4-6]。对于以块根入药的中药材来说,块根膨大数量和膨大程度决定着药材产量的高低,产量决定药材生产成本和药农经济收入,从而引发化肥、农药滥用、环境污染、药材安全有效难以保证等一系列问题。

麦冬来源于百合科沿阶草属植物麦冬 *Ophiopogon japonicus* (L. f) Ker. -Gawl. 的干燥块根,是常用中药材之一,主要用于治疗肺燥干咳、阴虚癆嗽、喉痹咽痛、津伤口渴、内热消渴等疾病^[7]。主产四川、浙江、湖北、山东、安徽等地^[8-11]。麦冬以干燥块根入药,在生产中提高产量的方式主要是通过各种外界因素促进麦冬块根数量增多、体积增大。为了追求经济利益,生产者往往会采用一些偏激的方法促使麦冬块根膨大^[12]。这些方式会导致麦冬种质退化,影响了药材安全性和有效性,也会对环境、生态等造成不可逆的影响^[13]。因此麦冬新品种选育,按需施肥、生长调节剂限量使用等相关技术逐渐被重视^[12],而搞清楚麦冬块根发育特点和药材形成规律是提升麦冬种质质量、选育高产品种、制定针对性生产技术的前提。本实验属于麦冬块根发育机制研究的一部分,主要目的是为麦冬新品种选育奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

麦冬种苗由四川代代为本公司提供,为川麦冬主产区栽培品种川麦冬 1 号,经成都中医药大学李敏教授鉴定为百合科沿阶草属植

物麦冬 *Ophiopogon japonicus* (L. f) Ker. -Gawl.。

2014 年 4 月—2015 年 4 月栽培于四川省绵阳市三台县芦溪镇芦溪工业园区代代为本公司良种繁育园内 (N31°21'38", E104°52'31.96),该区域川麦冬传统产区,管理同大田生产。

1.2 方法

1.2.1 麦冬块根形态特征变化规律 2014 年 10 月 1 日开始至 2015 年 4 月 30 日,每间隔 7~10 d 连续采挖,进行观察测定。每次采集 15 株,测定单株块根数量,随机抽取 15 粒块根测定块根长度和块根直径,以均值作为统计值,观察并记录块根性状和不定根性状特征的变化。

1.2.2 麦冬块根显微特征变化规律 取麦冬须根和不同发育阶段麦冬块根,徒手切片和石蜡切片,在显微镜下观测并拍摄显微照片。

1.2.3 麦冬各部位物质积累变化规律 取样方法同“1.2.1”项,分别测定单株鲜质量、单株叶鲜质量、单株须根鲜质量、单株块根鲜质量、单株叶干质量、单株须根干质量、单株块根干质量和块根百粒鲜质量作为评价指标,考察麦冬不同部位物质积累动态变化趋势。

1.2.4 麦冬药材性状变化规律 取样方法同“1.2.1”项,将不同时期采收麦冬块根 60 °C 电烘箱烘干,获得麦冬药材样品。按照《中国药典》2015 年版^[7]麦冬项下中所描述项目进行观察和测量,以形状、长度、直径、表面特征、质地、断面特征、气味和百粒重为指标比较不同生育时期麦冬块根的性状变化趋势。

2 结果与分析

2.1 块根形态变化规律

四川麦冬块根的膨大从 11 月份开始到翌年清明前后结束,整个麦冬块根膨大过程中出现 2 个高

峰,第一个高峰期从11月开始至12月初,这一时期内麦冬块根从无到有,从小到大,膨大速率最快,麦冬块根数量和块根大小都大幅增加,块根个数的80%左右都是在这一时期形成。不定根末端一旦出现膨大,会迅速形成麦冬块根。从12月中旬至1月下旬麦冬块根进入一个膨大相对缓慢期,这一时期内,麦冬植株整体生长比较缓慢,块根数量和块根大小增幅均比较缓慢,这可能与绵阳地区气候条件相关,该时期内是绵阳地区一年中气温最低期,这一时期内麦冬块根主要为已有块根增长,块根直径变化不明显,新膨大块根数量较少。从2月中旬开始麦冬块根进入第2个快速膨大时期,这一时期持续至3月上中旬,这一时期内麦冬新膨大块根数量较少,主要为已形成块根的快速膨大,之后麦冬块根膨大速率减缓,新出现块根数量较少,而且这部分块根水分含量大,干物质积累量很小,无法形成麦冬药材。

麦冬单株最终可形成的块根数一般在5~17个,多为8~10个,个别超过20个,但能够形成麦冬药材的块根一般在5~8个,少数可达到10个以上,块根数量较多的植株,很大一部分块根个头小,特别是在中后期才开始膨大形成的块根多难以形成药材,一般情况最先膨大的数个块根的增长速率最快,最终形成麦冬药材的可能性最大。初生麦冬块根呈近圆形,整个不定根类似火柴,膨大部分和火柴头相似,之后块根迅速膨大,膨大块根直径和长度变化迅速,块根两端膨大速率不一致,逐渐变成鸭梨状,继续生长变成长梨状,之后块根直径增大速率变小,块根逐渐延长,变成中间大两头小的纺锤状、长纺锤状麦冬。部分麦冬会在块根停止延长之后,根尖部位会继续生长形成不定根,个别延伸部位不定根会出现2次膨大,在同一不定根上形成第2个块根。

最初形成的生长于麦冬植株最基部的不定根多为营养根,这部分不定根老化程度高,直径较细,色泽较深,多有分支,在部分支根末端亦有膨大块根,但均细小,无法形成药材。同时这部分不定根在形成之初,个别也会出现膨大,虽也不能形成药材,但均在一定程度上反映了麦冬老化的须根也有膨大形成块根的特性。可膨大形成块根的不定根多为后期从麦冬茎基部四周生长出的不定根,这部分不定根直径相对较大,生活力强,根尖不分叉,具有较强的分生能力。实际上这类营养根很大一部分

都难以完成膨大形成块根的生长周期,多数仅能生长过半,尚未开始膨大形成块根,整个生长周期已经结束。另外一部分此类营养根虽能够充分生长,但不形成块根。

须根膨大的最终存在形式有多种:(1)不定根末端膨大形成块根后,根尖停止生长;(2)不定根膨大形成块根后根尖继续生长,在块根末端重新形成一段不定根;(3)块根根尖形成的不定根再次膨大形成块根,使整个不定根上有2段膨大部位,状如葫芦;(4)葫芦状的不定根根尖继续生长,又形成一段不定根;(5)极个别不定根会出现3次膨大。在麦冬不断膨大形成块根之后,其根尖实际上是在继续生长的,麦冬采收期采挖(清明节前后),在一般情况下麦冬块根多以形式(2)、少量以形式(1)和个别形式(3)的状态存在。麦冬块根发育形态特征具体见表1。

2.2 麦冬块根显微结构特征变化

麦冬块根主要是不定根中皮层细胞膨大和皮层细胞层数增大而形成的。块根和不定根相比较,不定根皮层细胞较小,排列紧密,细胞多呈近圆形。块根横向跨度增大,细胞增大明显,排列相对疏松,细胞呈多角形或不规则形,主要是皮层细胞增大十分显著。麦冬块根的形成过程中皮层细胞增大占主导地位,成熟麦冬块根皮层细胞径向直径一般在14.0~20.5 μm ,麦冬不定根皮层细胞的径向直径一般在2.3~4.7 μm ,块根皮层细胞平均径向直径可达不定根皮层细胞径向直径的5~6倍。成熟麦冬块根的切向直径一般在8.0~11.5 μm ,麦冬不定根皮层细胞平均切向直径一般在3.3~5.0 μm ,块根皮层细胞平均切向直径为不定根皮层细胞切向直径的2~2.5倍,径向直径(块根直径方向)增幅显著大于切向直径(块根长度方向)。皮层细胞层数增多在麦冬块根膨大中占据次要地位,一般情况麦冬不定根皮层细胞层数在17~24,成熟麦冬块根皮层细胞层数在20~30,块根皮层细胞层数较不定根皮层细胞层数一般增加3~6层,少数可达8~9层。具体信息见表2。

麦冬块根中柱和不定根中柱相比较,变化程度较小,麦冬不定根开始膨大时,中柱各部细胞已经成熟,难以再进行分生分化,因此在麦冬块根膨大过程中中柱部分基本没有贡献,麦冬块根中柱的直径和麦冬不定根的中柱直径基本一致。麦冬不定根表皮一般2~5列,排列整齐,麦冬块根表皮多为狭长的死细胞,一般1~3层,最多也可达到5层。见图1。

表 1 麦冬块根发育形态特征变化

Table 1 Morphological changes in the development of root tuber of *Ophiopogon japonicus*

编号	单株块根个数	块根性状	块根长度/cm	块根直径/cm	不定根性状
2014-10-01					不定根多粗壮, 尚无膨大迹象
2014-10-09					不定根无膨大迹象
2014-10-18					不定根无膨大迹象
2014-10-26					不定根出现膨大迹象, 但不明显
2014-11-02					不定根出现明显膨大迹象
2014-11-06					不定根开始膨大, 个别根尖部位膨大似火柴头
2014-11-14	0.87	近圆形	0.42	0.39	末端膨大
2014-11-26	1.60	梨形	0.55	0.47	末端膨大
2014-12-04	7.13	梨形	0.78	0.61	末端膨大
2014-12-13	5.07	长梨形	0.87	0.55	末端膨大
2014-12-20	6.53	长梨形	0.98	0.51	末端膨大
2014-12-27	6.87	长梨形	1.02	0.53	末端膨大
2015-01-04	7.47	长梨形	1.04	0.53	末端膨大
2015-01-10	9.20	长梨形	1.11	0.56	末端膨大
2015-01-20	8.07	长梨形	1.12	0.55	末端膨大
2015-01-27	8.27	纺锤形	1.30	0.56	末端膨大
2015-02-05	8.40	纺锤形	1.38	0.55	末端膨大
2015-02-13	8.27	纺锤形	1.46	0.57	末端膨大
2015-02-27	9.07	纺锤形	1.54	0.56	膨大末端延伸出不定根
2015-03-06	8.93	纺锤形/长纺锤形	2.11	0.64	膨大末端延伸出不定根
2015-03-16	9.13	纺锤形/长纺锤形	2.25	0.67	膨大末端延伸出不定根
2015-03-23	9.67	纺锤形/长纺锤形	2.34	0.66	膨大末端延伸出不定根
2015-03-30	8.80	纺锤形/长纺锤形	2.54	0.63	膨大末端延伸出不定根
2015-04-13	9.20	纺锤形/长纺锤形	2.47	0.68	膨大末端延伸出不定根
2015-04-20	9.38	纺锤形/长纺锤形	2.55	0.65	不定根继续生长, 个别出现二次膨大
2015-04-28	9.36	纺锤形/长纺锤形	2.43	0.68	不定根继续生长, 个别出现二次膨大

表 2 显微结构测定结果

Table 2 Results of microstructural determination

发育阶段	表皮细胞层数	皮层细胞层数	皮层细胞径向直径/ μm	皮层细胞切向直径/ μm
不定根	2~5	17~24	2.28~4.72	3.33~5.02
膨大初期	2~5	17~25	8.22~12.35	5.68~8.92
膨大中期	1~5	19~29	12.54~19.92	6.77~10.87
膨大后期	1~3	20~30	14.03~20.48	8.04~11.52

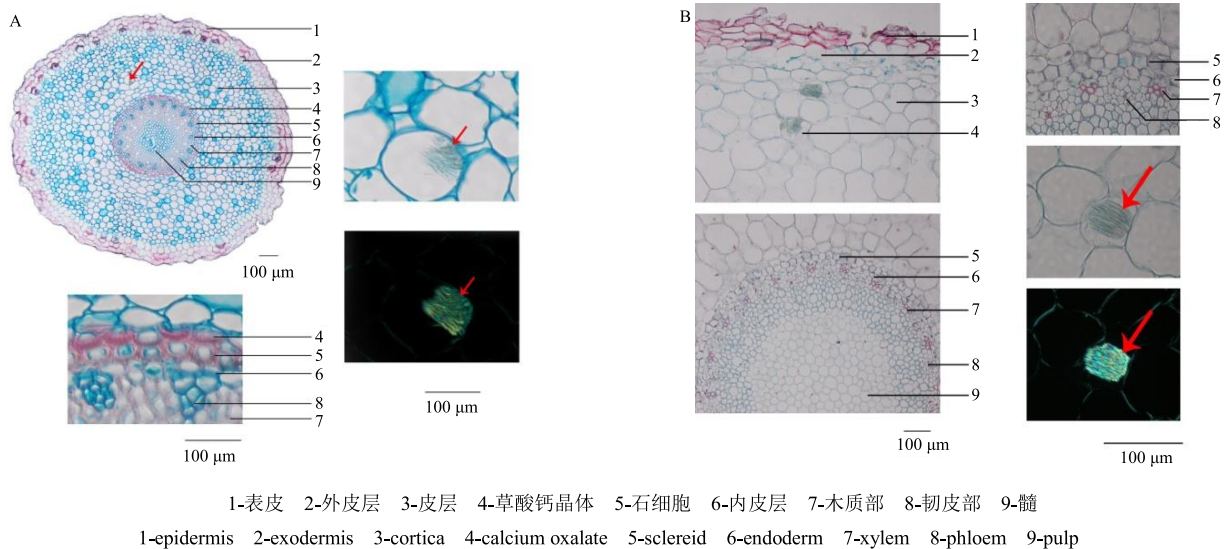


图 1 麦冬须根 (A) 和块根 (B) 横切显微图

Fig. 1 Micrographs of *O. japonicus* fibrous root (A) and root tuber (B)

2.3 不同部位物质积累动态

麦冬块根从 11 月中旬开始膨大至 4 月上旬结束, 整个麦冬块根发育阶段中, 麦冬全株鲜质量和块根鲜质量持续增加。在这一时期内麦冬块根鲜质量增幅最大, 须根和叶片鲜质量在块根膨大前期持续增加。从 12 月上旬开始须根鲜质量和叶鲜质量增幅极小, 几近停止, 全株鲜质量则持续增加, 全株鲜质量增加部分主要由块根贡献。次年 3 月至 4 月全株鲜质量、叶鲜质量、须根鲜质量和块根鲜质量均达到最大平衡, 此后麦冬植株进入新一轮生长发育周期。

在麦冬块根膨大期内叶干质量和须根干燥质量的动态变化特征和其鲜质量变化规律一致, 块根从 11 月开始至 3 月呈持续增大趋势, 从 3 月份开始块根干、鲜质量基本呈动态平衡, 麦冬传统采收期一般在 3 月

中下旬至 4 月中上旬, 符合麦冬生长规律。麦冬块根干质量决定于麦冬块根鲜质量和折干率, 不同生长发育期麦冬块根中水分含量不同, 折干率也各不同, 但由于在同一采集时间点, 同一株麦冬上的块根各自所处的发育阶段不同, 特别是在中后期, 同一株麦冬植株上的块根从成熟到刚刚开始发育各阶段均有, 从而影响了单株麦冬块根的折干率。实际上就单个块根来说, 从膨大开始到膨大结束, 块根越趋于成熟, 其水分含量相对越低, 干物质积累量越大, 相应的折干率也越大。麦冬块根百粒鲜质量在整个块根发育阶段呈持续上升趋势, 在这一过程中, 不断有新的块根形成, 这部分块根在一定程度上拉低了块根百粒鲜质量, 但在整个块根膨大过程中越往后新形成的块根数量越少, 因此整个过程中麦冬块根百粒鲜质量呈现出持续上升的趋势。具体信息见表 3。

表 3 麦冬物质积累动态变化

Table 3 Dynamic change of material accumulation in *O. japonicus*

编号	全株鲜质量/g	叶鲜质量/g	须根鲜质量/g	块根鲜质量/g	叶干质量/g	须根干质量/g	块根干质量/g	块根百粒鲜质量/g
2014-10-01	13.32	8.78	4.54	0.00	2.55	0.87	0.00	—
2014-10-09	13.45	9.03	4.42	0.00	2.76	0.82	0.00	—
2014-10-18	13.44	8.91	4.53	0.00	2.62	0.96	0.00	—
2014-10-26	13.92	9.07	4.85	0.00	2.67	0.83	0.00	—
2014-11-02	19.38	13.91	5.47	0.00	4.09	1.31	0.00	—
2014-11-06	17.15	12.35	4.80	0.00	3.63	1.30	0.00	—
2014-11-14	18.47	12.00	6.40	0.07	3.53	1.47	0.01	7.85
2014-11-26	20.85	12.97	7.78	0.10	3.81	1.37	0.03	6.38
2014-12-04	25.53	15.61	8.01	1.91	4.59	1.90	0.33	26.75
2014-12-13	22.76	14.52	7.07	1.17	4.27	1.89	0.24	23.01
2014-12-20	27.34	17.12	8.49	1.73	5.03	2.01	0.37	25.20
2014-12-27	24.43	15.09	7.37	1.97	4.44	1.72	0.49	28.71
2015-01-04	26.94	16.21	8.32	2.41	4.77	2.16	0.55	34.56
2015-01-10	26.93	15.51	8.79	2.63	4.56	2.41	0.68	40.44
2015-01-20	27.78	16.10	8.37	3.31	4.73	2.28	1.06	40.99
2015-01-27	28.48	16.18	8.45	3.85	4.76	2.30	1.25	57.34
2015-02-05	30.87	16.92	8.78	5.17	4.97	2.39	1.44	68.34
2015-02-13	30.14	16.13	8.37	6.10	4.74	2.28	1.49	92.70
2015-02-27	30.93	15.45	8.71	6.35	4.54	2.37	1.59	101.61
2015-03-06	34.79	17.24	9.32	7.45	5.07	2.54	1.60	121.55
2015-03-16	36.87	18.09	9.41	7.63	5.32	2.56	1.63	147.30
2015-03-23	34.49	16.09	9.23	6.85	4.73	2.51	1.67	153.45
2015-03-30	36.33	17.99	9.51	7.33	5.29	2.59	1.65	150.17
2015-04-13	35.32	17.77	8.12	7.69	5.23	2.35	1.61	149.43
2015-04-20	36.04	17.22	9.10	7.09	5.06	2.44	1.67	158.56
2015-04-28	35.64	16.50	9.46	7.49	4.85	2.56	1.63	147.87

“—”表示无实测数据或无统计意义, 下同

“—” Indicates no measured data or statistical significance, same as below

2.4 药材性状动态变化

《中国药典》2015 年版一部麦冬项下对其性状特征从形状、长度、直径、表面特征、质地、断面特征、气、味几个方面进行了描述,关于麦冬质地的描述为“质地柔韧”。在研究过程中发现,麦冬因富含多糖,易吸潮,水分含量较高时其质地为柔韧,但将麦冬烘干之后(以粉碎不结块为度)其质地坚硬,不易折断。在麦冬药材形成前期麦冬块根中积累物质较少,干燥后坚硬而脆,容易折断,随着干物质的不断积累,麦冬药材中多糖含量不断积累,完全干燥后的麦冬药材十分坚硬,难以折断。麦冬药材(干燥块根)在整个

形成过程中整体保持纺锤形/长纺锤形。直径和长度的变化整体呈增大趋势,平均长度最终可达 2.25 cm,最大单粒长度可达 3.50 cm,麦冬块根直径平均最终可达 0.51 cm,最大单粒直径可达 0.95 cm。断面颜色由“灰白色-类白色-黄白色”,后期形成药材干燥后出现半透明角质样,可能是在干燥过程中多糖成分含量发生变化所致。麦冬药材形成之初非常皱缩,整个形成阶段是由皱缩向饱满变化的过程。最初形成药材断面中柱不明显,随着块根的不断膨大,药材断面的中柱逐渐明显,这可能和中柱在不同时期的木化程度有关,新鲜样品的中柱直径变化并不明显。见表 4。

表 4 麦冬药材性状质量变化

Table 4 Change of quality of characters of *O. japonicus*

编号	形状	长度/cm	直径/cm	表面特征	质地	断面特征	气味	百粒质量/g
2014-11-14	纺锤形/长纺锤形	0.59	0.25	灰黄色、极度皱缩	脆、坚硬	灰白色、中柱不明显	气无、味微甜	1.40
2014-11-26	纺锤形/长纺锤形	0.85	0.25	灰黄色、极度皱缩	脆、坚硬	灰白色、中柱不明显	气无、味微甜	1.90
2014-12-04	纺锤形/长纺锤形	1.22	0.34	灰黄色、极度皱缩	脆、坚硬	灰白色、中柱不明显	气无、味微甜	5.60
2014-12-13	纺锤形/长纺锤形	1.36	0.38	灰黄色、极度皱缩	脆、坚硬	类白色、中柱不明显	气无、味微甜	6.62
2014-12-20	纺锤形/长纺锤形	1.40	0.42	灰黄色、极度皱缩	脆、坚硬	类白色、中柱不明显	气无、味微甜	8.10
2014-12-27	纺锤形/长纺锤形	1.37	0.40	浅黄色、皱缩	坚硬	类白色、中柱不明显	气微香、味甜	8.50
2015-01-04	纺锤形/长纺锤形	1.27	0.39	浅黄色、皱缩	坚硬	类白色、中柱不明显	气微香、味甜	5.30
2015-01-10	纺锤形/长纺锤形	1.52	0.47	浅黄色、皱缩	坚硬	类白色、中柱细小	气微香、味甜	13.00
2015-01-20	纺锤形/长纺锤形	1.76	0.49	浅黄色、皱缩	坚硬	类白色、中柱细小	气微香、味甜	10.90
2015-01-27	纺锤形/长纺锤形	1.55	0.50	浅黄色、皱缩	坚硬	浅黄白色、中柱细小	气微香、味甜	15.20
2015-02-05	纺锤形/长纺锤形	1.78	0.50	浅黄色、皱缩	坚硬	浅黄白色、中柱细小	气微香、味甜后微苦	20.80
2015-02-13	纺锤形/长纺锤形	1.78	0.52	浅黄色、皱缩	坚硬	黄白色、半透明、中柱细小	气微香、味甜后微苦	25.90
2015-02-27	纺锤形/长纺锤形	2.23	0.50	浅黄色、皱缩	坚硬	黄白色、半透明、中柱细小	气微香、味甜后微苦	32.50
2015-03-06	纺锤形/长纺锤形	2.20	0.51	浅黄色、皱缩	坚硬	黄白色、半透明、中柱细小	气微香、味甜后微苦	32.09
2015-03-16	纺锤形/长纺锤形	2.25	0.52	浅黄色、有皱纹	坚硬	黄白色、半透明、中柱细小	气微香、味甜后微苦	31.55
2015-03-23	纺锤形/长纺锤形	2.24	0.51	浅黄色、有皱纹	坚硬	黄白色、半透明、中柱细小	气微香、味甜后微苦	30.99
2015-03-30	纺锤形/长纺锤形	2.26	0.52	浅黄色、有皱纹	坚硬	黄白色、半透明、中柱细小	气微香、味甜后微苦	32.05
2015-04-13	纺锤形/长纺锤形	2.26	0.51	浅黄色、有细皱纹	坚硬	黄白色、半透明、中柱细小	气微香、味甜后微苦	31.67
2015-04-20	纺锤形/长纺锤形	2.25	0.50	浅黄色、有细皱纹	坚硬	黄白色、半透明、中柱细小	气微香、味甜后微苦	31.15
2015-04-28	纺锤形/长纺锤形	2.25	0.51	浅黄色、有细皱纹	坚硬	黄白色、半透明、中柱细小	气微香、味甜后微苦	31.54

3 讨论

麦冬块根由须根膨大而来,麦冬须根被分为营养根和不定根^[2],营养根主要为植株生长提供养分和水分,而不定根通过储藏有机物变成块根。实际上,麦冬须根均具有膨大形成块根的潜质,最终分化成分支的营养根、膨大的块根和不膨大的不定根,一方面可能是受环境条件影响,最初形成的不

定根,需为麦冬植株地上部分提供大量养分,供其快速生长,而且这部分不定根生长的主要时期均在地上植株尚处在快速生长阶段,难以提供足够的光合产物给不定根进行储藏,而地上植株的长大茂盛可为根系提供有机物质储藏时,这部分不定根已经老化,从而失去膨大的机会;另一方面也可能是受到内在基因和外在环境因子所给信号控制,这部分

不定根没有获得膨大积累物质的信号,作为马前卒被牺牲。在后期的研究中发现,最先形成提供水分和养分的不定根具有较多细小的支根,部分支根的末端也会膨大,虽然无法形成麦冬药材,但从侧面反映出麦冬须根均具有膨大形成块根的潜能。

可推断整个麦冬块根膨大过程就是麦冬光合作用制造的有机物由地上向地下转移储藏的过程,当地上部分需要生长时,须根的功能是为叶片光合作用输送水分和养分,当地上部分发育停止,其制造的多余有机物物质就开始向地下部分即须根转移,并逐渐储藏积累,而前期形成的须根已经开始老化,无法承担这一责任,因此需要从根茎周围长出新的须根(不定根)贮藏多余的有机物质,到次年4月份开始,地上部分进入新一阶段的生长发育,须根重新恢复输送水分和营养物质的功能,因此块根停止膨大且水分含量增大。

在组织构造上不同植物块根的形成方式不同,麦冬块根膨大方式比较奇特,整个块根基本都是由皮层细胞增大和层数增多形成,这一研究结果和前人研究结果基本一致^[2,14]。麦冬药材中最主要的成分为多糖^[15],因此推断麦冬块根形成过程实际上应该是皮层中的贮藏薄壁细胞逐步积累储存光合作用所形成有机物质的过程,当一个块根中贮藏薄壁细胞完成储藏过程后,如果地上植株能够继续向地下输送充足的光合产物,那么就会在同一不定根上出现第2个块根,甚至第3个块根。

性状质量是评价药材质量的最直观标准,药材性状往往和内在质量存在一定关联,性状质量的好坏一定程度反映药材内在质量的优劣,麦冬药材性状变化规律和块根膨大规律一致。在实际生产中能够形成麦冬药材的块根多为最初开始膨大的数个,后期膨大的块根一般难以形成的麦冬药材。在性状质量上麦冬药材主要是从干瘪到饱满,气味由淡向浓转变的过程,实际上也是反映麦冬块根光合产物、次生代谢产物积累的一个过程。

形态特征、显微结构、物质积累和药材性状的

动态变化能够较为全面地反映麦冬块根膨大过程的表现变化规律,为麦冬块根发育机制的研究探明了方向和目标。

参考文献

- [1] 陈丽华. 乌药块根发育特性和遗传多样性研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2005.
- [2] 焦连魁. 麦冬块根发育的初步研究 [D]. 北京: 北京协和医学院, 2012.
- [3] 王太霞, 李景原, 胡正海, 等. 怀地黄块根的形态发生和结构发育 [J]. 西北植物学报, 2003, 23(7): 1217-1223.
- [4] 彭华胜, 胡正海, 刘文哲, 等. 栽培太子参块根的发育解剖学研究 [J]. 西北植物学报, 2008, 28(5): 861-867.
- [5] 朱元芳, 张 华, 王旭初, 等. 木薯块根贮藏物质的研究进展 [J]. 热带农业科学, 2006, 26(1): 64-68.
- [6] 李先恩, 孙 鹏, 祁建军, 等. 地黄栽培种与野生种内源激素含量的差异 [J]. 作物学报, 2013, 39(7): 1276-1283.
- [7] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [8] 吴发明, 王 盼, 李 敏, 等. 基于 HPLC 特征图谱研究不同生长阶段麦冬有效组分积累特征 [J]. 中草药, 2018, 49(7): 1682-1687.
- [9] 孙志国, 程东来, 钟学斌, 等. 麦冬道地药材的国家地理标志产品保护现状分析 [J]. 贵州农业科学, 2010, 38(1): 57-59.
- [10] 吴发明, 殷莉丽, 蔡晓洋, 等. 基于化学组分特征评价不同干燥方法对麦冬品质的影响 [J]. 中草药, 2016, 47(20): 3702-3706.
- [11] 张义萍, 陈建真, 敖志辉, 等. 麦冬不同种属、产地和部位的活性成分研究进展 [J]. 中国实用医药, 2008, 3(10): 191-193.
- [12] 占 妮, 陶诗顺, 谢美春, 等. 多效唑对麦冬生长发育及产量的影响 [J]. 湖北农业科学, 2014(12): 2835-2837.
- [13] 裘娟萍. 耕地受多效唑农药污染后的再生修复技术 [J]. 土壤学报, 2002, 39(1): 45-51.
- [14] 谢佩松. 麦冬营养器官形态解剖结构与其生境适应性研究 [D]. 扬州: 扬州大学, 2008.
- [15] 王庆慧, 李 铎, 王金辉, 等. 麦冬化学成分研究 [J]. 中国现代中药, 2009, 11(11): 21-22.