

葡萄萌芽期冬芽与枝蔓间水分联系再建立的动态观察

谢兆森^{1*}, Bhaskar Bondada², 曹红梅¹

¹河北科技师范学院园艺科技学院, 河北秦皇岛066600; ²华盛顿州立大学葡萄栽培与酿造科研中心, 美国华盛顿州99354

摘要: 在冬季休眠期葡萄冬芽与枝条间存在物质与水分运输的隔离, 但进入到春季萌芽期, 冬芽与枝蔓间又重新恢复了物质与水分的联系。冬芽与枝蔓/新梢间是以何种方式(细胞间扩散或木质部运输)进行水分联系, 以及葡萄冬芽与枝蔓间水分联系的再建立的动态过程, 还未见报道。本文以八年生酿酒葡萄品种‘霞多丽’为试验材料, 观察研究了葡萄萌发过程中冬芽与枝蔓间水分联系再建立的动态过程。结果表明, 在新梢生长期, 冬芽与新梢间存在维管束联系, 但在冬芽停止生长后, 未见冬芽与枝蔓/新梢通过木质部进行水分联系, 尤其是在冬季休眠期, 冬芽含水量低于枝蔓含水量, 且冬芽水分含水量保持在40%以下。进入春季后, 伴随冬芽的膨大生长, 冬芽与枝蔓间通过维管束进行水分联系重新建立, 但在冬芽膨大初期(第I期), 只见冬芽基部与枝蔓间有维管束相连, 芽轴中上部未见维管束, 但基部维管束并未发挥水分运输的功能, 随着芽轴的延伸生长, 维管束逐渐形成, 尤其是进入到芽鳞展开期(第III期)后, 可以见到水分通过维管束运输至芽内, 这表明冬芽与枝蔓间水分联系建立与芽膨大生长及芽内维管束逐渐发育密切相关。

关键词: 葡萄; 冬芽; 萌芽; 水分; 木质部

近年来, 全球气候变化给果树生产带来了新的挑战, 尤其是全球变暖对果树冬芽的休眠与解除、冷温需求等生理活动的不良影响逐渐被证实(Atkinson等2013; Luedeling等2011)。果树冬芽的休眠与解除决定了树体各器官的生长发育, 同时也是影响果实品质与产量的一个重要因素(Horvath等2003)。在植物长期的进化过程中, 植物为躲避外界不利环境对其生命的威胁, 形成了自身防御的机制, 其中芽休眠便是一种最常见的防御外界低温危害的一种方式(Hisayo 2014)。人们通常将休眠定义为植物的分生组织以及其他任何结构可见生长的暂时停止(Hisayo 2014)。植物冬芽从生长进入休眠后, 芽内生命活动并非完全停止, 芽内可进行相对弱的生理生化代谢活动, 其中呼吸代谢可持续发生, 这说明芽休眠过程中的生长停止是相对的(Arora等2003; Perez和Lira 2005; 李波等2015; 程鹏等2013), 也暗示了休眠期间冬芽与枝条之间存在着一定的物质和水分的联系, 但是芽休眠期间与其着生的枝间的物质与水分联系是如何进行的还鲜有报道。

人们对果树冬芽休眠过程与机理进行了大量的研究, 但芽休眠涉及的因素众多, 包含的生理代谢过程也极其复杂, 如休眠的诱导、保持、传递和完成, 至今芽休眠的内在机理还未完全弄清楚(Ubi等2010; Charrier等2011; Olsen 2010)。人们在杏上发现当年生枝条侧芽在初夏形成后因顶端优势的抑制而进入到相对休眠状态, 进入秋季后

芽的休眠受到内部生长抑制物质的调控由相对休眠进入到内休眠状态(Hisayo 2014)。Dennis (1994)研究发现在冬芽的休眠过程中, 芽内水分含量保持在较低水平, 而且束缚水含量高于自由水含量, 这有利于增强芽的抗寒性。在冬芽休眠解除过程中, 冬芽内水分含量逐渐增加, 其中芽内束缚水含量下降, 而自由水含量上升, 这说明在芽的萌芽前后, 芽与枝间的水分转运及水分状态都在发生改变(Dennis 1994; 高春英等2009)。

果树冬芽从休眠到萌发是芽与所着生的枝条重新建立物质与水分联系的过程。与其他落叶果树不同, 葡萄在萌芽前枝条会出现一段时间的伤流现象, 伤流的发生与外界环境和树体本身的水分生理活动有关, 同时, 伤流现象也反映了葡萄枝条内水分运输状态的改变(晁无疾等1988), 这一改变可以被视为葡萄冬芽萌发前的一个生理准备过程, 满足了冬芽萌发所需的物质和水分要求, 但也表明芽与枝条间的水分联系途径在冬芽休眠解除过程中发生了巨大变化, 而对葡萄冬芽与枝条间水分联系的研究还未见报道。本文以葡萄冬芽萌芽前后芽与枝条间的水分联系动态变化为研究重点, 从解剖结构、水分运输动态、外界环境等方

收稿 2017-02-20 修定 2017-04-05

资助 国家自然科学基金(31470104)和河北省自然科学基金(C2013407107)。

* 通讯作者(E-mail: xiezhaosen@sina.com)。

面阐述影响葡萄冬芽与枝条水分联系建立的因素, 观察葡萄萌芽和生长规律, 为葡萄栽培生产中水分管理提供理论依据。

材料与amp;方法

1 试验材料

试验于2016年春季在美国华盛顿州里奇兰市华盛顿州立大学三城校区葡萄种植园进行。试验用葡萄为八年生酿酒葡萄(*Vitis vinifera* L.)品种‘霞多丽’, 定植植株株行距为1.5 m×2.7 m, 南北行向, 土壤为砂质壤土, 植株采用单干双臂整形, 葡萄休眠期修剪时间为每年2月上旬至3月中旬。

2 枝条与冬芽含水量的测定

选取粗度与长度生长一致的枝条21根, 每株选3根, 从基部第3个芽上方3 cm处剪取枝条, 并立即带回实验室, 用刀片取下冬芽, 采用烘干法, 分别测定冬芽和枝条中的含水量。从2016年2月1日起开始, 每7 d测定1次, 一直持续到冬芽萌发。

3 温度记录

自2016年2月1日起至葡萄萌芽结束, 采用温度自动记录仪(RDXL, Omega, 美国)记录葡萄园每天的最高温和最低温。

4 冬芽解剖结构观察

分别在葡萄冬芽的休眠期和萌芽期定期采集枝条5~10节上大小一致的冬芽, 进行徒手切片观察芽内主芽结构变化。每次采集冬芽10个, 在解剖镜下观察主芽结构, 并测量芽大小变化。

5 冬芽萌芽阶段与生长动态调查

在冬芽进入萌芽期后, 选取枝条5~10节上大

小一致的冬芽, 并做标记, 定期观察芽外部形态变化, 为消除枝条顶端优势对芽萌发生长的影响, 选取的枝条沿立架铁丝水平放置, 共选取生长条件一致、具有代表性的植株10株, 每植株选取枝条3根, 每枝条上选取3个芽, 并挂牌, 每3 d测定芽长度和粗度变化。

6 冬芽水分运输动态观察

参考谢兆森等(2016)的方法进行。从冬芽的休眠期至萌芽期, 定期选取生长一致的枝条, 在基部第3个芽上部3 cm处剪掉后立即放入5%酸性品红溶液中, 在自然条下放48 h, 每隔3 h观察基部第2和3个芽的染色情况。

实验结果

1 葡萄冬芽萌发阶段的划分

通过观察田间冬芽的外部特征变化和内部结构特征变化, 并结合Andreini等(2009)的研究, 将冬芽发育阶段划分为5个阶段: (1)休眠期(第I期), 芽鳞闭合, 呈棕黄色, 鳞片内茸毛排列紧密且厚, 芽轴短而粗, 顶端被厚厚的茸毛(图1-A和a); (2)膨大初始期(第II期), 芽鳞仍然闭合, 但从芽的纵切面来看, 芽轴开始伸长和垂周生长, 鳞片内茸毛变蓬松, 但仍然包被着整个芽片(图1-B和b); (3)芽鳞展开期(第III期), 冬芽继续膨大生长, 鳞片先从芽顶端微裂, 芽内白色绒毛可见, 从芽的纵切面来看, 芽垂周生长加快, 包被芽的绒毛变薄和松散, 绒毛保温效果下降(图1-C和c); (4)绒毛期(第IV期), 伴随着冬芽继续膨大生长, 鳞片完全开裂, 部分脱落, 芽内绒毛完整可见, 但仍然看不到芽内嫩叶(图1-D和d); (5)嫩叶期(第V期), 芽内嫩叶完全展开, 芽轴伸长, 芽鳞完全脱落(图1-E和e)。



图1 ‘霞多丽’葡萄冬芽萌发不同阶段

Fig.1 The phenological stages of ‘Chardonnay’ grape bud evolution

A和a: 第I期; B和b: 第II期; C和c: 第III期; D和d: 第IV期; E和e: 第V期。

d); (5)露绿期(第V期), 随着芽的膨大生长和芽外层叶面积增加, 包被芽的绒毛被叶片撑破, 可看到芽内绿叶, 从芽的纵切结构可以看出芽轴伸长生长速度加快, 节间长度增加, 基部叶片与芽轴间角度增大(图1-E和e)。

2 冬芽萌发过程中生长及含水量的变化

随着外界温度的升高, 葡萄冬芽打破休眠, 开始膨大生长, 通过观察不同时期冬芽生长量和水分含量变化可以发现, 随着芽的膨大生长冬芽鲜重增加量明显大于干重增加量, 整个萌芽期单芽的干重平均增加了0.01 g, 而单芽的鲜重平均增加了0.08 g, 因此, 冬芽在萌发过程中重量增加主要与其含水量的迅速增加有关(图2-A)。在冬芽从休眠期进入萌发初始期(第II期), 葡萄冬芽的鲜重变化不明显, 在冬芽膨大生长进入到第III期, 葡萄冬芽鲜重明显高于第II期, 在冬芽萌发的最后阶段(第V期)达到最大值(图2-A)。从图2-B可以看出, 在冬芽萌发过程中, 冬芽伸长生长和基部膨大生长不

断增加, 在冬芽整个萌芽期, 冬芽伸长生长都高于芽基部的膨大生长, 在芽轴伸长生长摆脱芽鳞限制后(第III期), 芽的伸长生长明显加速, 在第V期冬芽长和基部宽达到最大。在冬芽萌发的过程中, 芽内含水量不断增加, 芽内水分状态也随之发生变化, 自由水含量逐渐增加, 而束缚水含量逐渐降低, 同时芽内水分含量也是从冬芽打破鳞片限制后, 开始快速增加, 在第V达到最大(图2-C)。这表明冬芽萌发过程中, 从枝蔓进入芽的自由水逐渐增加, 而由于芽代谢活动趋于活跃, 芽束缚水含量随之降低。

3 温度变化与枝条含水量动态变化的关系

温度是影响葡萄冬芽萌发的关键因子之一, 通过记录葡萄冬芽休眠至萌芽期间外界环境温度以及测定冬芽和枝蔓中水分含量的变化, 研究葡萄冬芽与枝蔓间水分联系的动态变化。结果表明: 随着外界环境温度的升高, 葡萄冬芽从休眠至萌发过程中, 冬芽和枝蔓中水分含量出现先降低后升高的变化趋势, 但从测定的时间点来看, 两者水分变化存在一定的不同步性, 这表明冬芽生长状态影响了水分的运输(图3-A和B)。冬芽和枝蔓中含水量最低值出现在2月10~14日, 该时期为冬芽休眠期, 而该时期气温明显回升, 因此该时期冬芽和枝蔓水分含量降低可能与枝条和芽中水分的蒸腾散失加快有关。随着气温进一步缓慢回升, 葡萄在3月17日进入伤流期, 进入伤流期后可以看到冬芽和枝蔓中的水分含量都有明显增加(图3-B和C)。从冬芽和枝蔓水分含量变化的幅度来看, 在休眠期冬芽中水分含量明显低于枝蔓中的, 而随着气温回升和冬芽萌发, 冬芽的含水量迅速增加并明显高于枝蔓, 从最低的35.6%升至最高的81.2%, 而枝蔓的含水量从最低的44.5%升至最高的47.6% (图3-B和C)。

4 冬芽与枝条间的水分联系

采用染料示踪法观察冬芽萌发过程中芽与枝条间的水分动态联系, 结果表明, 在冬芽休眠期(第I期), 未见染料进入冬芽内(图4-A和F)。当冬芽打破休眠进入第II期后, 冬芽内仍然未见染料进入(图4-B), 但可看到从枝蔓往冬芽延伸处分布有细而短的维管束(图5-A)。进入到第III期后, 在冬芽与枝蔓相连处, 可以看到染料往冬芽运输, 但未进

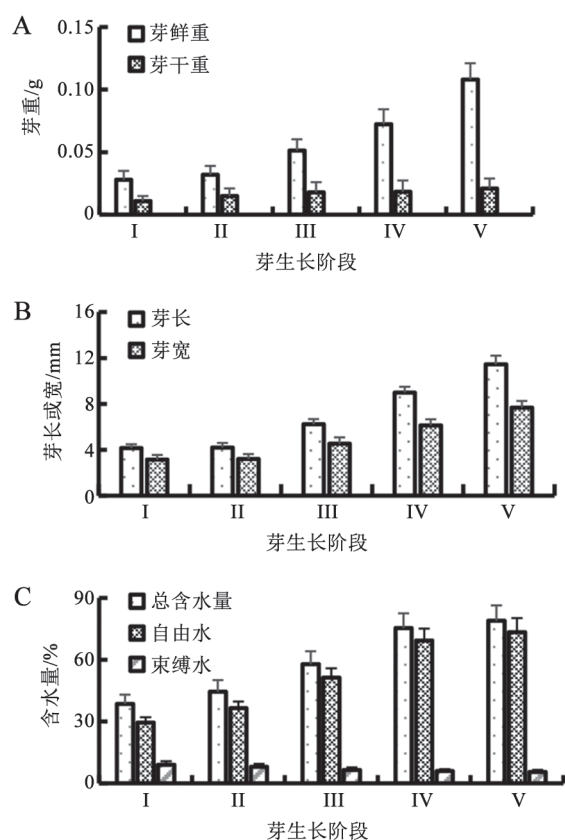


图2 冬芽不同萌发阶段生长与水分含量的变化

Fig.2 The variation of bud growth and bud water content at different developmental stages

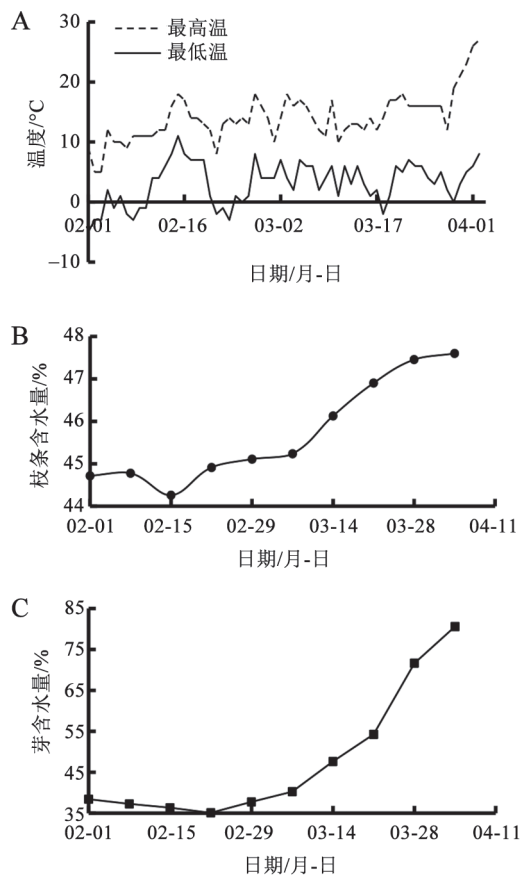


图3 葡萄冬芽萌芽前后气温及枝条和芽含水量的变化
Fig.3 The variation of daily temperature and water content in bud and cane from bud dormancy to bud break

入冬芽内(图4-C),这说明枝蔓内的木质部导管与冬芽内木质部导管在发育上存在不同步性。进入到第V期后,可以看到染料进入冬芽基部(图4-E),且冬芽木质部导管明显比其相连的枝蔓内木质部导管细(图4-E)。进入到第V期后,可看到染料沿冬芽芽轴内木质部导管进入到叶片中(图4-D和G),这表明在冬芽萌发过程中也伴随着其木质部导管的生长。在观察萌芽初始期(第II期),冬芽与枝蔓相连处木质部导管分布与结构发现,该时期可以看到在冬芽基部和枝蔓正在发育的木质部导管,而且冬芽基部导管与枝蔓中的木质部导管相连(图5-A~C),而从芽的横切结构观察可以看到,冬芽内维管束带清晰可见,但并不是所有的维管束带都形成导管,芽内形成的导管相互连接,但还未具备水分运输功能(图5-D~F),这可能是导致水分不能进入冬芽的原因。

讨 论

果树冬芽休眠是一个渐进的过程,通常在果树生长季节,当新梢生长停止时,其上附着的冬芽从基部向上逐步开始进入到休眠期(Cooke等2012)。Cook等(2001)的研究表明,在休眠期苹果芽与枝条间没有木质部联系,因此推断该时期苹果芽与枝条间的水分联系主要通过细胞间扩散途

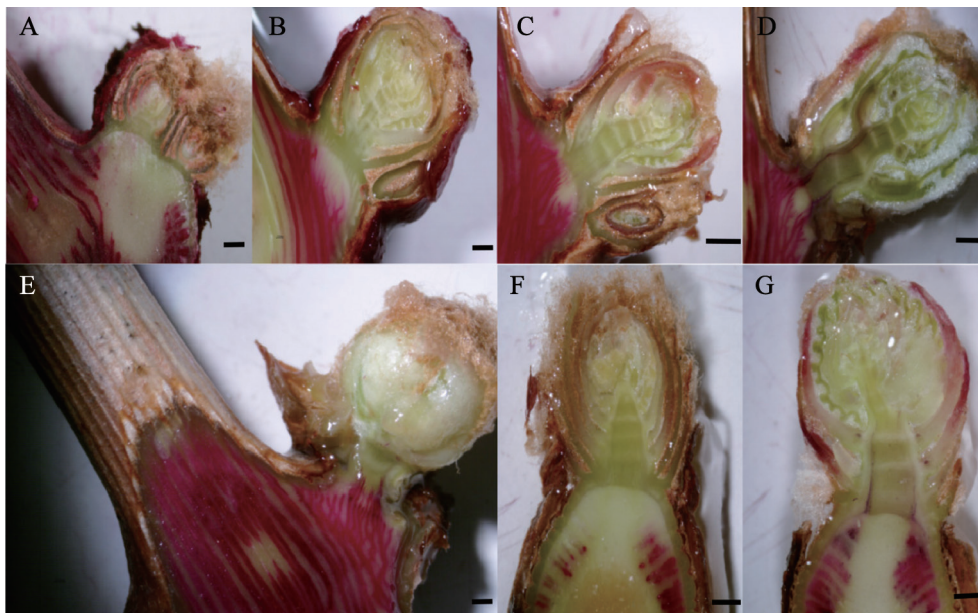


图4 葡萄冬芽不同萌芽阶段芽与枝蔓间的水分联系

Fig.4 Water connection between compound bud and cane of grapevine during different stages of bud evolution
A和F: 第I期; B: 第II期; C: 第III期; E: 第IV期; D和G: 第V期。标尺=0.50 mm。

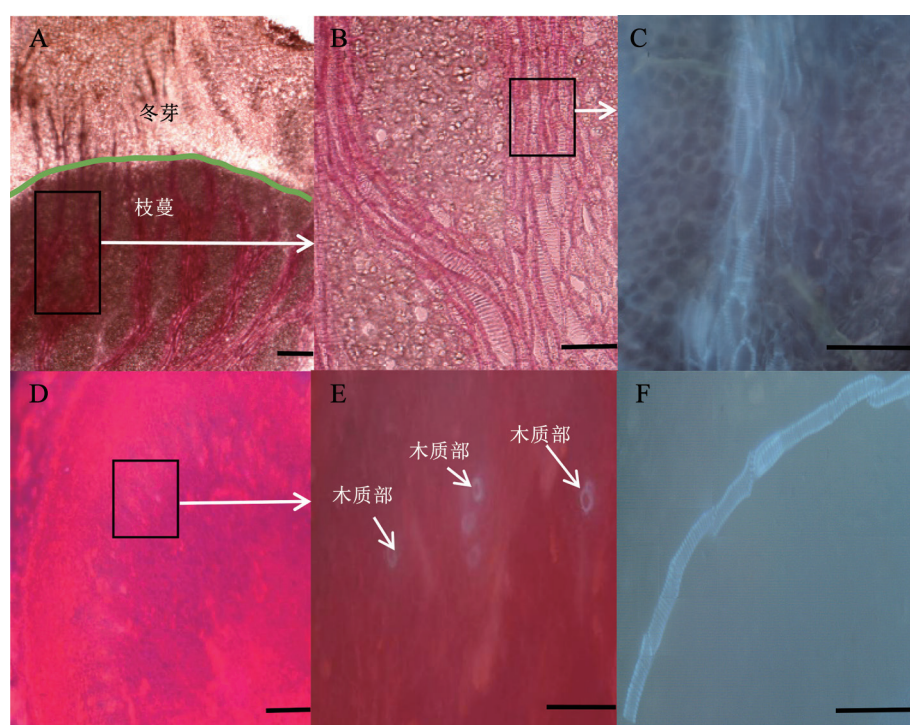


图5 葡萄冬芽与枝蔓间维管束联系

Fig.5 Vascular continuity between compound bud and cane of grapevine

A: 枝蔓与冬芽间的维管束; B和C: 冬芽与枝蔓连接处木质部导管结构; D: 冬芽基部横切面; E: 冬芽基部横切面木质部分布; F: 冬芽中木质部导管结构。标尺=50 μm 。

径来完成; Bartolini和Giorgelli (1994)在杏芽上的研究也得到了相似的结论。Marquat等(1999)的研究表明, 桃休眠期桃花芽与枝间处于相对独立的状态, 两者之间无水分与物质联系, 因此在休眠期桃花芽与枝条间相互隔离。在春夏葡萄新梢生长季节, 我们通过染料示踪法研究了葡萄芽与新梢间的水分联系, 结果表明在冬芽生长期间, 可看到染料通过木质部进入到冬芽基部(图6-A和B), 这表明冬芽与新梢间维管束水分联系在新梢生长期已经建立起来, 但在6月中旬, 新梢基部冬芽与新梢间的木质部水分联系中断, 一直到新梢生长停止, 基部冬芽与新梢间的木质部水分联系都未重新建立(图6-C), 这可能与冬芽进入被动休眠有关。袁志友等(2003)在研究葡萄冬芽花芽分化进程中发现, ‘巨峰’葡萄在花芽生理分化期已经与新梢建立维管联系, 进入到形态分化阶段以后, 在芽基组织可以看到颜色较深的维管组织; 这与本文在‘霞多丽’葡萄上的研究结果一致。

在本文中, 我们可以清晰地看到葡萄冬芽萌

发前后, 伴随着冬芽水分含量和水分状态的剧烈变化, 这也表明水分含量和水分状态的变化与葡萄冬芽休眠息息相关。有研究表明在桃花芽(Erez等1998)和葡萄冬芽(Guilpart等2014)进入休眠后, 其内部自由水含量迅速降低, 而束缚水则增加, 当冬芽解除休眠后, 束缚水含量降低, 而自由水含量增加; 这与本文研究结果一致。在植物的各项生理代谢活动中, 水分是重要的反应物质, 同时植物生长所需的各种矿质元素、激素、光合产物等也需要以水分作为媒介进行运输与分配, 因此水分是植物细胞一切生理生化活动的基础物质, 满足植物的水分需求是植物生长发育的前提(Dry和Loeys 1998)。在果树休眠期, 树体内水分含量保持在较低水平, 根系水分吸收功能处于停滞状态, 而由于此时地上部分树体各器官水分散失较少, 尽管树体内水分运输停滞, 枝蔓和芽仍能保持水分稳定与平衡(Ameglio等2001)。本研究发现, 在葡萄休眠期, 枝条中的含水量高于冬芽中的含水量, 而且在温度回升过程中, 枝条恢复水分运输功能后,

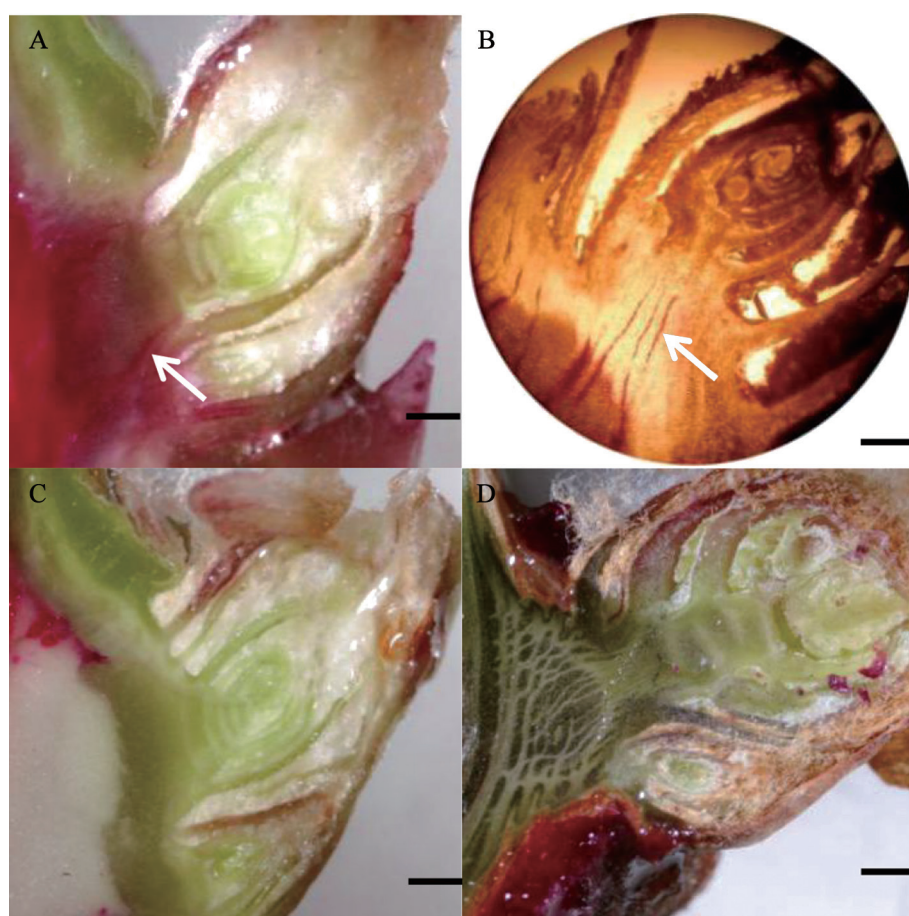


图6 新梢生长期芽与新梢间水分联系及伤流期冬芽与枝蔓间淀粉分布
Fig.6 The water connection between bud and shoot during the shoot growing season,
and the distribution of starch in bud and cane during bleeding

A和B: 冬芽生长期冬芽与新梢间存在水分联系; C: 冬芽生长停止时冬芽与新梢间未见水分联系; D: 伤流开始后冬芽内淀粉分布。标尺=0.50 mm。

冬芽含水量仍然低于枝条含水量, 这说明冬芽与枝蔓间水分联系并未建立, 彼此相互独立, 这种水分隔离有助于增强冬芽的抗寒性。一直到伤流期开始, 冬芽中的水分含量迅速增加。Ashworth (1984)在欧洲李上研究发现, 花芽与枝条间水分联系建立是在开花前5周左右完成。Julian等(2007)在研究春季杏花芽从果枝上脱落机理时发现, 春季霜害引起杏树花芽脱落的原因是由于花芽与果枝间没有建立起维管束联系导致花芽失水所引起的。Bartolini和Giorgelli (1994)在研究杏花芽维管束发育时发现杏花芽在未萌发前都未观察到木质部导管的存在。本研究发现, 在萌芽初期冬芽基部可观察到少量的木质部导管, 但并未发挥水分运输的功能。

冬芽萌发前, 葡萄枝蔓会经历一段明显的伤流阶段, 在伤流期葡萄树体内水分运输加快, 晁无疾等(1988)研究发现葡萄伤流是葡萄萌芽前的一项重要生理准备活动, 伤流的发生与环境温度、水分和根压等因素有关。本文研究表明葡萄伤流开始之前葡萄冬芽含水量低于枝蔓含水量, 但随着枝蔓进入伤流期, 枝蔓中的水分开始往冬芽中运输, 冬芽含水量迅速增加, 尽管此时从冬芽外部形态上还未看到其萌动, 但综合外界环境温度及冬芽内部结构的变化来看, 对于枝蔓上较早萌发的冬芽, 伤流期应晚于第II期, 但早于第III期。晁无疾等(1988)对葡萄伤流液成分的研究发现葡萄伤流液中含有大量的钙、钾及氨基酸物质, 这为葡萄冬芽萌发提供了必需的营养物质。在伤

流开始后, 我们采用淀粉染色法观察了枝蔓和冬芽中淀粉的分布, 结果表明伤流开始后冬芽基部可见淀粉分布(图6-D), 这表明伴随着水分运输, 树体内各种营养物质开始在芽中积累, 由于冬芽内木质部还未分化形成, 营养物质多集聚在冬芽基部。

冬芽与枝蔓间的水分联系反映了芽的生长状态, 也与花芽分化和休眠进程息息相关, 但是由于葡萄枝条上不同节位的芽生长分化阶段都存在差异, 可以通过冬芽生长与分化进程中其与新梢间水分联系来探讨花芽分化进程与营养状况。本文主要观察了萌芽期冬芽与枝蔓间水分联系再建立的动态过程, 该过程是冬芽从休眠到休眠解除, 再到冬芽萌发生长的形态与生理变化过程, 研究结果表明伴随着葡萄伤流期开始, 冬芽与枝蔓内水分含量开始增加, 但冬芽内水分含量增加的时间点和幅度都与枝蔓存在着差异, 这表明一方面冬芽萌芽过程中, 水分对其生长发育起着至关重要的作用, 另一方面冬芽的生长状态也影响了水分从枝蔓到芽的分配与运输。

参考文献

- Ameglio T, Ewers FW, Cochard H, Martignac M, Vandame M, Bodet C, Cruiziat P (2001). Winter stem xylem pressure in walnut trees: effects of carbohydrates, cooling and freezing. *Tree Physiol*, 21: 387–394
- Andreini L, Viti R, Scalabrelli G (2009). Study on morphological evolution of bud break in *Vitis vinifera* L. *Vitis*, 48: 153–158
- Arora R, Rowland LJ, Tanino K (2003). Induction and release of bud dormancy in woody perennials: a science comes of age. *HortScience*, 38 (5): 911–921
- Ashworth EN (1984). Xylem development in *Prunus* flower buds and the relationship to deep supercooling. *Plant Physiol*, 74 (4): 862–865
- Atkinson CJ, Brennan RM, Jones HG (2013). Declining chilling and its impact on temperate perennial crops. *Env Exp Bot*, 91: 48–62
- Bartolini S, Giorgelli F (1994). Observations on development of vascular connections in two apricot cultivars. *Adv Hortic Sci*, 8: 97–100
- Cao WJ, Li JC, Ren YF, Wang JC (1988). Research on grape vine bleeding. *Sino-Overseas Grapevine Wine*, (3): 11–17 (in Chinese) [晁无疾, 李景春, 任玉峰, 王金诚(1988). 葡萄伤流及其研究. *中外葡萄与葡萄酒*, (3): 11–17]
- Charrier G, Bonhomme M, Andre L (2011). Are budburst dates, dormancy and cold acclimation in walnut trees (*Juglans regia* L.) under mainly genotypic or environmental control? *Int J Biometeorol*, 55 (6): 763–774
- Cheng P, Ma XH, Shi YM (2013). Changes of phenolic acid metabolism and related enzyme activities in *Narcissus pseudonarcissus* L. bulbs stored at low temperature for dormancy release. *Plant Physiol J*, 49 (2): 137–143 (in Chinese with English abstract) [程鹏, 马晓红, 史益敏(2013). 低温解除休眠过程中喇叭水仙鳞片中酚酸类物质代谢及相关酶活性的变化. *植物生理学报*, 49 (2): 137–143]
- Cook NC, Bellstedt DU, Jacobs G (2001). Endogenous cytokinin distribution patterns at bud burst in Granny Smith and Braeburn apple shoots in relation to bud growth. *Sci Hortic*, 87: 53–63
- Cooke JEK, Eriksson ME, Junttila O (2012). The dynamic nature of bud dormancy in trees: environmental control and molecular mechanisms. *Plant Cell Environ*, 35: 1707–1728
- Dennis FG (1994). Dormancy—what we know and (don't know). *HortScience*, 29: 1249–1255
- Dry PR, Loveys BR (1998). Factors influencing grapevine vigor and the potential for control with partial root zone drying. *Aust J Grape Wine Res*, 4: 140–148
- Erez A, Faust M, Line MJ (1998). Changes in water status in peach buds in induction, development and release from dormancy. *Sci Hortic*, 73: 111–123
- Gao CY, Zhang A, Fang YL, Zhang ZW, Jin QH (2009). Effects of hydrogen cyanamide on water and carbohydrates compounds during bud dormancy in grapevine winter buds. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 29 (6): 1200–1206 (in Chinese with English abstract) [高春英, 张昂, 房玉林, 张振文, 靳庆虎(2009). 单氰胺对葡萄休眠过程中冬芽水分和碳水化合物化合物的影响. *西北植物学报*, 29 (6): 1200–1206]
- Guilpart N, Metay A, Gary C (2014). Grapevine bud fertility and number of berries per bunch are determined by water and nitrogen stress around flowering in the previous year. *Eur J Agron*, 54: 9–20
- Hisayo Y (2014). Regulation of bud dormancy and bud break in Japanese apricot (*Prunus mume* Siebold & Zucc) and peach [*Prunus persica* (L.) Batsch]: a summary of recent studies. *J Japan Soc Hortic Sci*, 83 (3): 187–202
- Horvath DP, Anderson JV, Chao WS, Foley ME (2003). Knowing when to grow: signals regulating bud dormancy. *Trends Plant Sci*, 8: 534–540
- Julian C, Herrero M, Rodrigo J (2007). Flower bud drop and pre-blossom frost damage in apricot (*Prunus armeniaca* L.). *J Appl Bot Food Qual*, 81: 21–25
- Li B, Xia XY, Liu S (2015). Changes in physiological and biochemical properties and variation in DNA methylation patterns during dormancy and dormancy release in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Plant Physiol J*, 51 (7): 1133–1141 (in Chinese with English abstract) [李波, 夏秀英, 刘思(2015). 蓝莓花芽休眠与解除过程中生理生化变化及DNA甲基化差异分析. *植物生理学报*, 51 (7): 1133–1141]
- Luedeling E, Girvetz EH, Semenov MA, Brown PH (2011). Climate change affects winter chill for temperate fruit and nut trees. *PLoS ONE*, 6: e20155
- Marquat C, Vandamme M, Gendraud M, Petel G (1999). Dormancy in vegetative buds of peach. Relation between carbohydrate absorption potentials and carbohydrate concentration in the bud during

- dormancy and its release. *Sci Horti*, 79: 151–162
- Olsen JE (2010). Light and temperature sensing and signaling in induction of bud dormancy in woody plants. *Plant Mol Biol*, 73: 37–47
- Perez FJ, Lira W (2005). Possible role of catalase in post-dormancy bud break in grapevines. *J Plant Physiol*, 162: 301–308
- Ubi BE, Sakamoto D, Ban Y, Shimada T, Ito A, Nakajima I, Takemura Y, Tamura F, Saito T, Moriguchi T (2010). Molecular cloning of dormancy-associated MADS-box gene homologs and their characterization during seasonal endodormancy transitional phases of Japanese pear. *J Am Soc Horti Sci*, 135 (2): 174–182
- Yuan ZY, Li XL, Sun QH, Gao DS (2003). Studies on flower bud differentiation in 'Kyoho' grapevine. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 23 (3): 389–394 (in Chinese with English abstract) [袁志友, 李宪利, 孙庆华, 高东升(2003). 巨峰葡萄花芽分化的研究. *西北植物学报*, 23 (3): 389–394]
- Xie ZS, Bondada B, Li B, Ding J (2016). Visualization of axial water transport pathways in grapevines using dye-tracing technique. *Plant Physiol J*, 52 (8): 1159–1168 (in Chinese with English abstract) [谢兆森, Bhaskar Bondada, 李勃, 丁杰(2016). 采用染料示踪法可视化研究葡萄新梢水分运输途径. *植物生理学报*, 52 (8): 1159–1168]

Observation of the rebuilding of water connection between grapevine compound bud and cane during bud break

XIE Zhao-Sen^{1*}, Bhaskar BONDADA², CAO Hong-Mei¹

¹College of Horticulture Science and Technology, Hebei Normal University of Technology and Science, Qinhuangdao, Hebei 066600, China; ²Viticulture and Wine Science Center, Washington State University, Richland, WA 99354, USA

Abstract: The latent buds of grapevine (*Vitis vinifera*) are isolated with the cane in water and nutrients transportation during dormant period in winter, but they rebuild connection of water and nutrients at the stage of bud break. It is not very clear about the ways of water transportation between cane and buds, including diffusion and xylem transportation, and we also know very little about how the connection is rebuilt during the stage of bud break. 8-year-old vines of cultivar 'Chardonnay' were used as experimental materials, we observed the dynamic changes in the process of water re-connection between cane and buds. The results showed that during growing season of grapevine, the compound buds kept water connection with shoot through xylem vessels, but when the bud got into dormancy stage, no water was observed in the xylem vessels of bud. In winter, the water contents of latent buds were stable and kept lower than 40%. With the latent buds started to expand in spring, the water re-connection between buds and cane was observed, and during stage I, xylem was observed at the base of buds, but no xylem was observed in the upper part of the buds at this stage. As the buds continued to expand, vascular bundle was formed gradually in bud axis. After stage III, water transportation through xylem vessels from cane to bud was observed, suggesting that the rebuilding of water connection between bud and cane had close relations with the growth and development of buds.

Key words: grapevine; compound buds; bud break; water; xylem

Received 2017-02-20 Accepted 2017-04-05

This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 31470104) and the Natural Science Foundation of Hebei (Grant No. C2013407107).

*Corresponding author (E-mail: xiezhaosen@sina.com).