

有效积温与葡萄萌芽进程的关系

孙鲁龙, 许丽丽, 杜远鹏, 翟衡*

山东农业大学园艺科学与工程学院, 作物生物学国家重点实验室, 山东泰安271018

摘要: 对萌芽时期差异比较大的葡萄品种进行萌芽进度调查, 统计了萌芽进度不同阶段相应的空气有效积温和土壤有效积温, 分析了空气有效积温和土壤有效积温与葡萄萌芽进度之间的相关性。结果表明, 空气有效积温、土壤有效积温与葡萄萌芽进度呈显著正相关, 空气有效积温和土壤有效积温共同参与葡萄萌芽。萌芽早的葡萄品种对空气有效积温的依赖性比较大, 对土壤有效积温的依赖性比较小; 萌芽晚的葡萄品种萌芽进度受土壤有效积温的影响更大。葡萄萌芽期间对土壤有效积温的需求量要高于对空气有效积温的需求。土壤有效积温与空气有效积温之间存在线性关系。

关键词: 有效积温; 萌芽; 根系; 葡萄

温度是影响葡萄(*Vitis vinifera*)生长发育最重要的环境因子(Jackson和Lombard 1993; Jones和Davis 2000)。葡萄在不同的生长发育阶段对温度及其相关条件都有不同的需求。萌芽是葡萄周年生长的开始, 萌芽进程同样受到温度的调控。对于萌芽而言, 比较重要的温度条件是需冷量和积温(王西成等2014)。需冷量是葡萄打破自然休眠的必要条件, 只有通过了自然休眠, 葡萄才具备萌芽能力(Gianfagn和Mehlenbacher 1985; Sparks 1993)。休眠解除后, 随着温度的升高和有效积温的积累并达到一定要求后, 冬芽才能开始萌动并进入萌芽阶段(Albuquerque等2008)。虽然一般认为满足需冷量和积温两方面的要求, 冬芽就可以正常萌发生长, 但是在生产上存在“萌发后新梢死亡”、“抽干”等现象, 说明仅仅满足冬芽所需的需冷量条件和积温条件并不能完全满足萌芽的需求。植物地上部的生命活动往往受地下部根系的影响和调控(冯瑞云等2010; 王敏等2014), 对于葡萄而言, 这种调控作用是比较明显的。在春季, 随着温度的升高, 根系首先开始活动, 并导致地上部“伤流”现象的发生, 但是根系是否也参与了调控葡萄萌芽, 根系所处的温度环境是否会影响萌芽的进度, 这些都是值得探索的问题。

长期以来, 大部分关于积温与葡萄萌芽关系的研究集中在地上部空气有效积温对萌芽的影响, 研究内容主要是估算萌芽需热量(高东升等2001)、需热量与需冷量关系(王海波等2011; 王西成等2014), 而地下部土壤积温对根系及地上部的影响研究相对比较匮乏。

本研究从土壤有效积温的角度出发, 研究了萌芽期早晚不同的葡萄品种在萌芽不同阶段对空

气有效积温和土壤有效积温的需求特点, 并研究了二者之间的关系, 为葡萄栽培提供理论支持。

材料与amp;方法

1 材料与预处理

试验于2016年1~4月在山东农业大学园艺科学与工程学院试验站葡萄园基地进行。选择萌芽期差异最大的葡萄(*Vitis vinifera* L.) 2个品种作为研究材料。萌芽早的品种为‘早巨峰’(暂定名, 本团队于2010年发现的‘巨峰’早熟芽变), 6年生自根苗, 在泰安地区, 一般在4月7号左右进入萌芽高峰期(70%萌发), 为本实验基地发芽最早的品种。萌芽晚的品种为‘赤霞珠’, 6年生自根苗, 在泰安地区, 一般在4月25号左右进入萌芽高峰期, 为本实验基地萌芽最晚的品种。两个品种南北向、相邻、平行种植, 株距×行距都为2 m×3 m, 单干双臂方式整形, 篱架栽培, 因此在同一时间内2个品种所处的生态环境基本一致。

2015年秋季修剪时, 顺行选择6个不同的位置进行标记, 作为次年萌芽进度调查的取样点, 6个位置覆盖整行。在每个取样点, 两个品种对称选择5棵树作为调查对象用于试验。用于试验的植株, 每棵树留10~15个结果母枝, 每个结果母枝留5~6个冬芽, 即每棵树至少有50个冬芽用于春季萌芽统计。准确记录每棵树结果母枝上冬芽的总数, 作为调查发芽进度的基数。

收稿 2016-06-01 修定 2016-07-19

资助 国家现代葡萄产业技术体系建设专项(CARS-30)和长江学者和创新团队发展计划项目(IRT15R42)。

* 通讯作者(E-mail: zhaih@sdau.edu.cn)。

2015~2016年冬季越冬期,用于试验的植株不进行越冬防寒处理。

2 测定指标与方法

2.1 土壤温度监测

采用路格科技温度黑匣子(L92-1)记录土壤温度。从秋季修剪以后(2015年11月26日),将温湿度探头固定在主干附近地表以下15 cm处,以连续记录土壤温度数据,数据记录间隔为1 min。

2.2 空气温度监测

通过小型气象站(北京联创思源测控技术股份有限公司)对本园区的气温进行实时测定。气象站安装在园区中央位置,温度探头离地面2 m,数据记录间隔为5 min,每30 min通过无线网上传到物联网生态环境监测管理平台并存储。

2.3 萌芽进度调查

10°C通常被认为是葡萄生长的基础温度(孔庆山2004),因此本研究以日平均气温开始达到10°C的日期(2016年3月25日)为调查‘早巨峰’萌芽进度的初始时间,此时日平均气温为10.613°C,是2016年入春以来首次达到10°C以上,此后每3 d调查一次,3月28日因下雨未能调查,因此数据缺失。‘赤霞珠’萌芽进度的调查从2016年4月18号开始,到4月30号结束,每3 d调查一次。

参考Hellman (2003)提出的标准,将萌芽过程分为3个阶段。

膨大期:从冬芽膨大变圆、明显有别于休眠芽开始,到冬芽被绒毛覆盖但是看不到嫩叶的绿色或者红色,该状态的冬芽认为处于膨大期。统计每棵树上处于膨大期及以后阶段(\geq 膨大期)的芽数目,膨大进度($\%$)= $(\geq$ 膨大期的芽数目)/总芽数 $\times 100$ 。

露绿期:从新芽颜色能透过绒毛看到,到嫩芽最外面一片叶子的边缘可见,表现为该状态的芽认为处于露绿期。统计每棵树上处于露绿期及以后阶段的芽数目(\geq 露绿期),露绿进度($\%$)= $(\geq$ 露绿期的芽数目)/总芽数 $\times 100$ 。

展叶期:从芽最外面一片叶子的边缘开始与芽分离,到第一片叶子完全展开,表现为该状态的芽认为处于展叶期。统计每棵树上处于展叶期及以后阶段(\geq 展叶期)的芽数目,展叶进度($\%$)= $(\geq$ 展叶期的芽数目)/总芽数 $\times 100$ 。

2.4 有效积温的计算

参考Gu (2015)的方法,按分钟计算空气有效积温和土壤有效积温。以10°C作为葡萄生长的基础温度(Molitor等2014),将高于10°C的温度部分求和作为有效积温, $\leq 10^\circ\text{C}$ 的温度当作0处理。求出从2016年1月1日12:00到萌芽调查日期当天12:00空气有效积温和土壤有效积温,统计截止时间为2016年4月30日12:00。

2.5 统计分析

采用Origin 8.6对数据进行作图并建立Logistics模型,采用SPSS 21.0进行方差分析,比较萌芽进度, Turkey法进行多重比较,显著水平 $\alpha=0.05$ 。

实验结果

1 ‘早巨峰’萌芽进度与有效积温的关系

‘早巨峰’萌芽进度与时间之间的关系可以用Logistics生长曲线进行较好的拟合(图1-A~C)。为检验有效积温对萌芽进度的影响,对截至萌芽调查当天的土壤有效积温和空气有效积温进行了计算,并分别用土壤有效积温和空气有效积温与萌芽进度进行Logistics曲线拟合,也获得了较好的拟合效果(图1-D~I)。土壤有效积温与露绿进度和展叶进度的拟合优度(R^2)分别为0.9922和0.9993,空气有效积温与露绿进度和展叶进度的拟合优度分别为0.9921和0.9982,都要好于时间与露绿进度和展叶进度的拟合优度的0.9879和0.9947。

对有效积温与‘早巨峰’萌芽进度之间的相关性进行分析(表1)表明,在萌芽期的各个阶段,有效积温与萌芽进度都存在较好的相关性。冬芽膨大进度与空气有效积温存在显著的相关性($r=0.809$),而与土壤有效积温相关性不显著,膨大进度与空气有效积温的相关系数要显著小于膨大进度与时间之间的相关系数($r=0.946$);露绿进度与空气有效积温存在显著的相关性($r=0.812$),与土壤有效积温相关性不显著,露绿进度与空气有效积温的相关系数要显著小于时间与露绿进度之间的相关系数($r=0.875$);展叶进度与空气有效积温存在显著的相关性($r=0.860$),与土壤有效积温也存在显著的相关性($r=0.847$),展叶进度与空气有效积温的相关系数要显著大于与土壤有效积温的相关系数,展叶进度与两种有效积温的相关系数均显著大于与时间

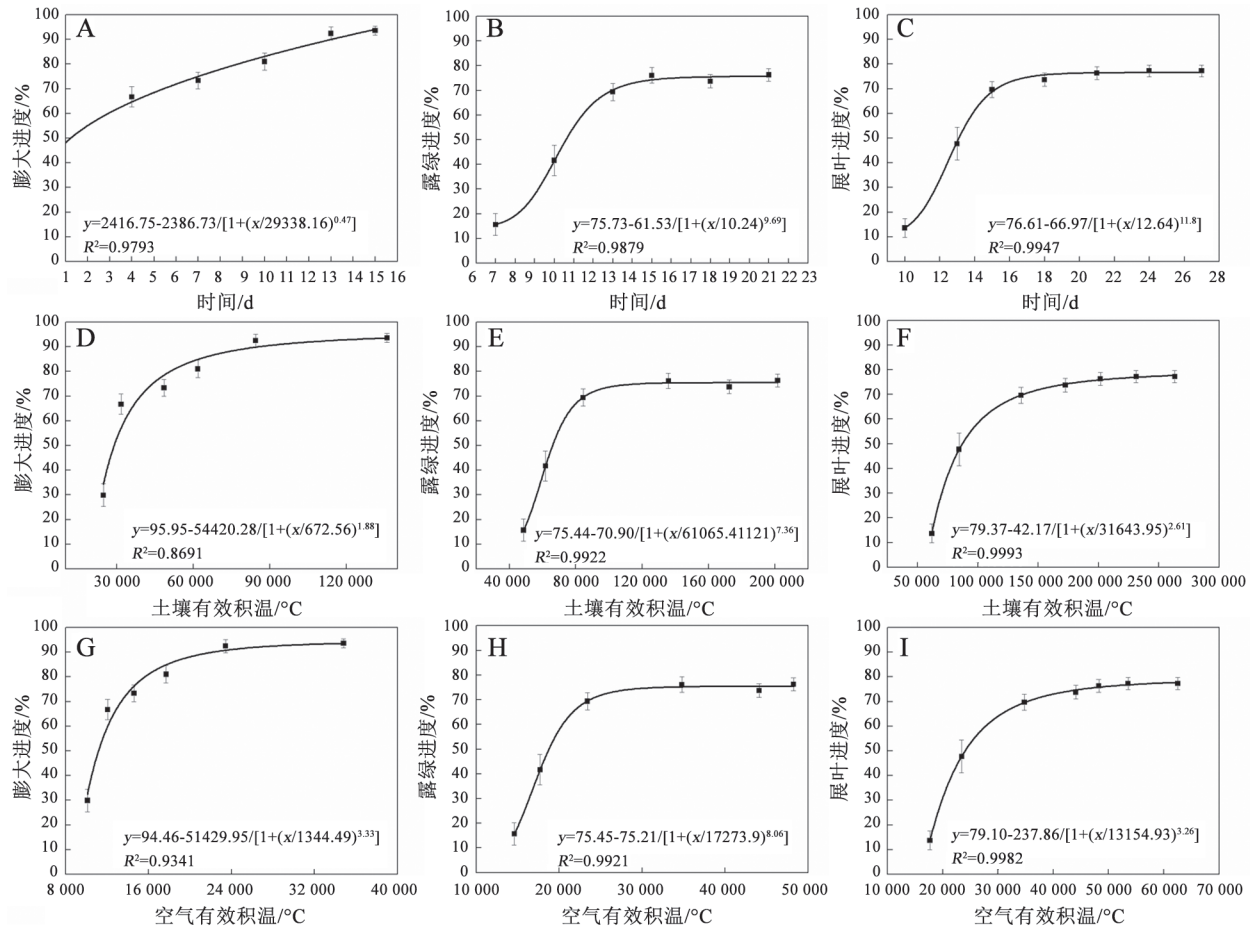


图1 ‘早巨峰’萌芽进程的Logistics拟合曲线

Fig.1 Logistics curves of bud burst process in ‘Early Kyoho’

A~C: 生长时间与膨大、露绿和展叶进度的关系; D~F: 土壤有效积温与膨大、露绿和展叶进度的关系; G~I: 空气有效积温与膨大、露绿和展叶进度的关系。时间进度中0代表以2016年3月25日作为时间起点。土壤有效积温和空气有效积温的统计时间是从2016年1月1日12:00截至调查萌芽当天12:00, 有效积温以统计时间内温度高于10°C部分之和表示, ≤10°C的温度按0处理。图2同。

表1 ‘早巨峰’萌芽进度与时间、土壤有效积温和空气有效积温的相关性

Table 1 Correlation between bud burst process and time, soil effective accumulated temperature and air effective accumulated temperature in ‘Early Kyoho’

	膨大进度	露绿进度	展叶进度
时间	0.946**±0.015 ^a	0.875 ^a ±0.041 ^a	0.809 ^a ±0.016 ^c
土壤有效积温	0.777±0.024 ^c	0.799±0.044 ^c	0.847 ^a ±0.016 ^b
空气有效积温	0.809 ^a ±0.025 ^b	0.812 ^a ±0.045 ^b	0.860 ^a ±0.014 ^a

表中数据为萌芽不同阶段与时间、土壤有效积温、空气有效积温的相关系数, 数据以平均值±标准误差表示, 重复30次, *表示相关性在0.05水平下显著, **表示相关性在0.01水平下显著。同列不同小写字母表示相关系数间在0.05水平差异显著。表2同。

的相关系数($r=0.809$)。因此, ‘早巨峰’萌芽的不同阶段对土壤有效积温和空气有效积温都有不同的依赖性, 土壤有效积温影响‘早巨峰’的展叶, 空气有效积温则影响冬芽膨大、露绿和展叶3个过程。

2 ‘赤霞珠’萌芽进度与有效积温的关系

‘赤霞珠’萌芽进度与时间之间的关系可以用Logistics生长曲线进行较好的拟合(图2-A~C)。采用土壤有效积温和空气有效积温与发芽进度拟合

Logistics生长曲线, 获得了很好的拟合效果(图2-D~I)。土壤有效积温与露绿进度和展叶进度的拟合优度(R^2)分别为0.9964和0.9582, 空气有效积温与露绿和展叶进度的拟合优度分别为0.9986和0.9771, 都要好于时间进度与露绿进度和展叶进度的拟合优度的0.9936和0.9491。

有效积温与‘赤霞珠’萌芽进度之间的相关性进行分析(表2)表明, 在萌芽的各个阶段, 两种有效

积温与萌芽进度都存在极显著的相关性。‘赤霞珠’冬芽膨大与空气有效积温的相关系数($r=0.986$)显著小于与土壤有效积温的相关系数($r=0.996$), 也显著小于与时间的相关系数($r=0.996$), 膨大进度与土壤有效积温的相关系数等于与时间之间的相关系数; 露绿进度与空气有效积温的相关系数($r=0.967$)显著小于与土壤有效积温的相关系数($r=0.983$), 也显著小于与时间进度之间的相关系数($r=0.982$), 露

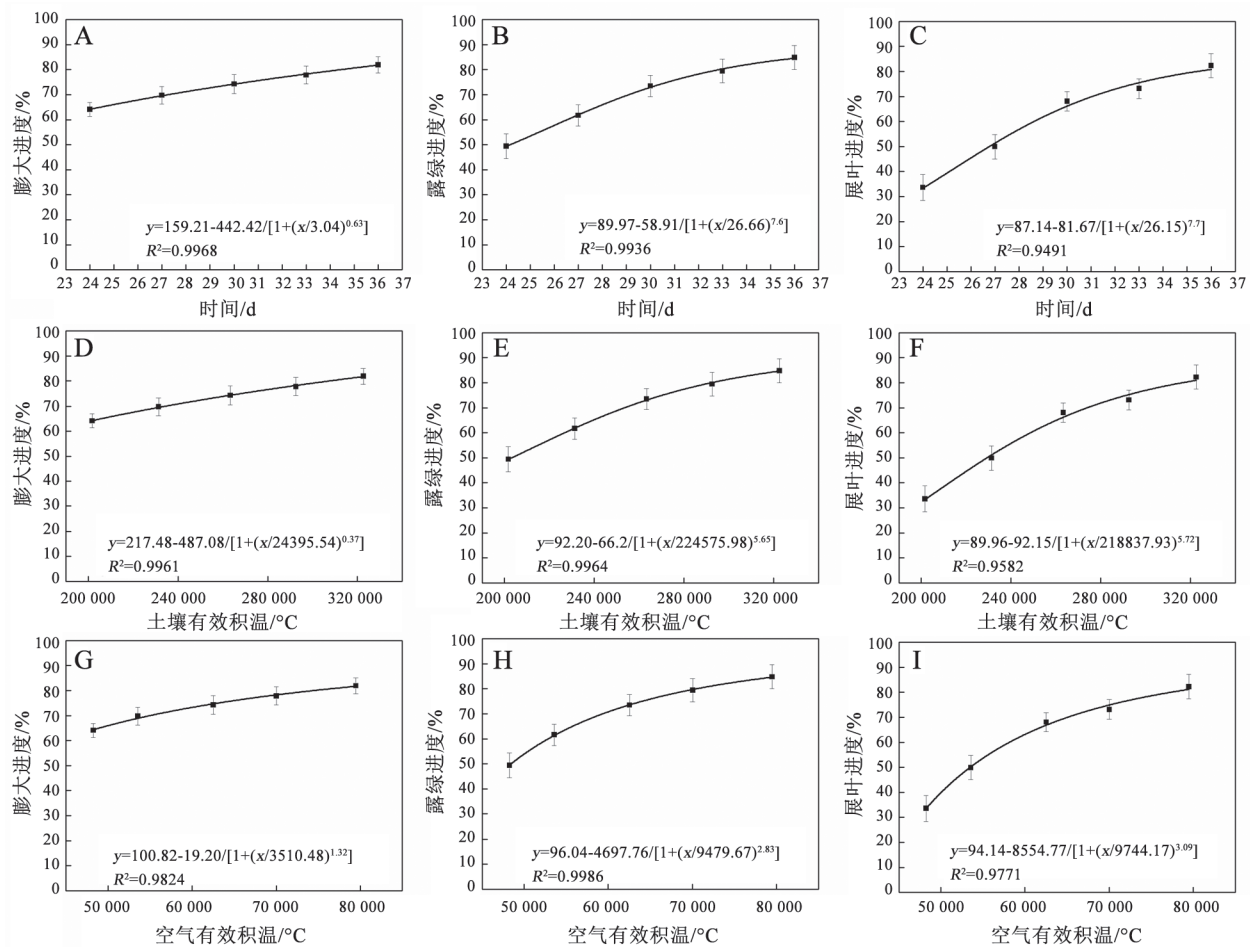


图2 ‘赤霞珠’萌芽进度的Logistics拟合曲线

Fig.2 Logistics curves of bud burst process in ‘Cabernet Sauvignon’

表2 ‘赤霞珠’萌芽进度与时间、土壤有效积温和空气有效积温的相关性

Table 2 Correlation between bud burst process and time, soil effective accumulated temperature and air effective accumulated temperature in ‘Cabernet Sauvignon’

	膨大进度	露绿进度	展叶进度
时间	0.996**±0.011 ^a	0.982**±0.006 ^a	0.977**±0.010 ^a
土壤有效积温	0.996**±0.011 ^a	0.983**±0.006 ^a	0.979**±0.010 ^a
空气有效积温	0.986**±0.019 ^b	0.967**±0.009 ^b	0.963**±0.013 ^b

绿进度与土壤有效积温的相关系数要大于与时间进度之间的相关性, 但二者不存在显著性差异; 展叶进度与空气有效积温的相关系数($r=0.963$)显著小于与土壤有效积温的相关系数($r=0.979$), 也显著小于与时间进度之间的相关系数($r=0.977$), 展叶进度与土壤有效积温之间的相关系数大于与时间之间的相关系数, 但二者不存在显著性差异。因此, ‘赤霞珠’萌芽的不同阶段对土壤有效积温和空气有效积温都有很高的依赖性, 土壤有效积温和空气有效积温都参与了冬芽膨大、露绿和展叶3个过程, 但土壤有效积温的影响要大于空气有效积温的影响。

3 ‘早巨峰’、‘赤霞珠’萌芽对空气有效积温和土壤有效积温的需求量

根据萌芽进度与有效积温之间建立的Logistics曲线计算50%的冬芽膨大、露绿和展叶所对应的空气有效积温和土壤有效积温, 结果如表3所示。

表3 ‘早巨峰’和‘赤霞珠’萌芽对空气有效积温和土壤有效积温的需求量

Table 3 Demand of air and soil effective accumulated temperature during bud burst of ‘Early Kyoho’ and ‘Cabernet Sauvignon’

	空气有效积温/°C		土壤有效积温/°C	
	‘早巨峰’	‘赤霞珠’	‘早巨峰’	‘赤霞珠’
50%膨大	11 177.3	37 253.1	28 997.7	139 896.6
50%露绿	18 772.3	48 427.2	66 076.9	203 227.5
50%展叶	24 076.3	53 489.5	87 111.3	229 295.5

表中数据是根据各自拟合的Logistics曲线计算得到。

示。结果发现, 在发芽的各个阶段, 两个品种膨大、露绿、展叶所需要的空气有效积温和土壤有效积温依次增大, 表明葡萄萌芽特定阶段对有效积温的依赖性不同。两个品种萌芽所需要的土壤有效积温在每个萌芽阶段都远大于所需的空气有效积温, 表明根系活动对有效积温的需求量要大于芽对有效积温的需求量。‘赤霞珠’所需要的空气有效积温和土壤有效积温要远大于‘早巨峰’萌芽所需要的空气有效积温和土壤有效积温。

4 葡萄萌芽期间土壤有效积温与空气有效积温之间的关系

图3显示了在春季的不同阶段, 土壤有效积温和空气有效积温随萌芽时间的变化情况。从图中可以看出, 随着萌芽时间的推进, 土壤有效积温和空气有效积温都呈逐渐增加的趋势, 且土壤有效积温一直高于空气有效积温。在春季的早期即‘早巨峰’萌芽期, 在同一时间内土壤有效积温与空气有效积温之间的差异越来越大, 3月25号以后的第27天即4月21日土壤有效积温与空气有效积温之间的差值是3月25日二者差值的13.6倍, 说明土壤有效积温的积累速度越来越快于空气有效积温的积累速度; 在春季的晚期即‘赤霞珠’萌芽期, 同一时间内土壤有效积温的累积量与空气有效积温的累积量之间的差值呈增加趋势, 3月25号以后的第36天即4月30日, 土壤有效积温与空气有效积温之间的差值是4月18日二者差值的1.6倍, 说明土壤有效积温的积累速度越来越快于空气有效积温的积累速度。春季前期土壤有效积温累积较空气有效

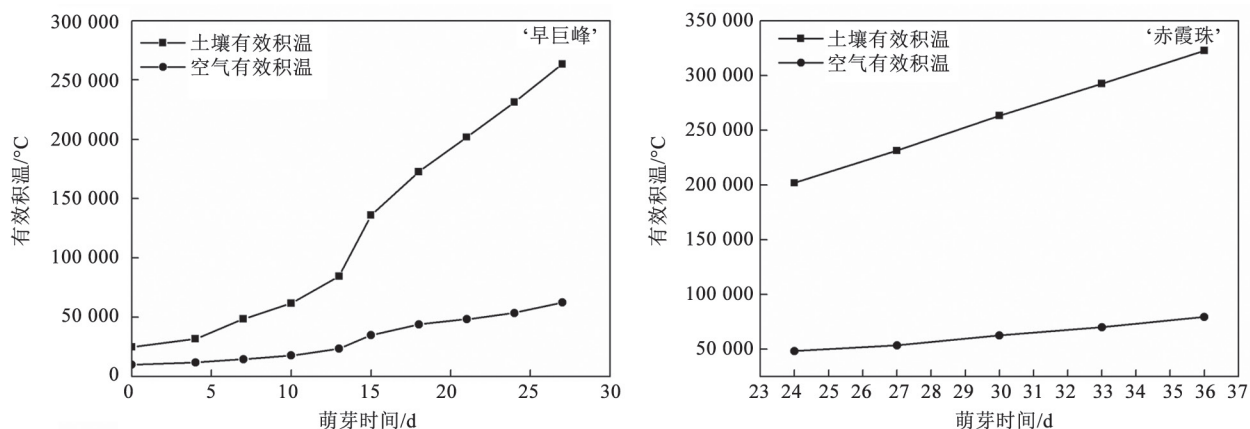


图3 葡萄萌芽期间空气有效积温、土壤有效积温累积情况

Fig.3 Variation of air and soil effective accumulated temperature during the period of bud burst of grapevine

积温累积增加的平均速度是春季后期的9.75倍。

土壤中热量的来源是气温,以空气有效积温和土壤有效积温做散点图,并进行直线回归发现,

土壤有效积温与空气有效积温之间存在显著的线性关系,在春季的整个萌芽期(从‘早巨峰’开始萌芽到‘赤霞珠’萌芽结束)都存在这种关系(图4)。

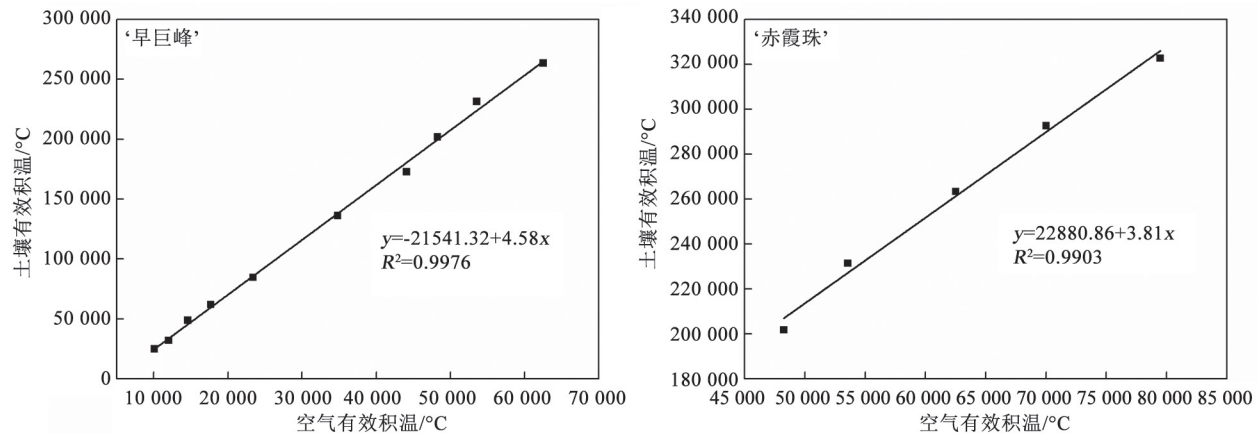


图4 葡萄萌芽期间土壤有效积温与空气有效积温的关系

Fig.4 Relationship between air effective accumulated temperature and soil effective accumulated temperature

讨 论

有效积温在农业领域的应用十分广泛,在物候期预测(史纪安等2009; Scarpore等2012)、生态适应性区划(王静等2014)、估产(陈艳玲等2014)等方面都具有重要的意义。有效积温对萌芽的影响研究比较少。相对于地上部气温及其积温对植物的影响,土壤温度、土壤有效积温对植物萌芽的研究更加匮乏。

De Barba等(2016)发现升高土壤温度会使云杉的萌芽时间提前。Chen等(2016)发现升高的土壤温度会导致土壤有效积温升高,并证明有效积温与白蜡树萌芽进度呈线性关系。这些研究都表明土壤温度及土壤积温条件对植物萌芽具有重要的调控作用。

本研究发现葡萄萌芽进度与空气有效积温和土壤有效积温都存在显著的相关性,但是显著性的显著程度会存在品种间的差异,这与De Barba等(2016)的研究结果有所不同。不管是萌芽早的‘早巨峰’还是萌芽晚的‘赤霞珠’,其萌芽进度与土壤有效积温的回归关系都不是线性的,而是比较规范的Logistics曲线关系,这与Chen等(2016)的结果也不相同。

本研究证明了葡萄萌芽受到地上、地下两种

不同有效积温的共同调节,但是萌芽期不同的品种对空气有效积温和土壤有效积温的依赖性并不一致。‘早巨峰’是典型的早萌芽品种,在萌芽的前2个阶段即膨大期和露绿期,萌芽进度只与空气有效积温呈显著正相关关系,在萌芽的第3个阶段即展叶期,萌芽进度与空气有效积温和土壤有效积温都显著正相关,且与空气有效积温的相关系数要显著大于与土壤有效积温的相关系数;‘赤霞珠’是典型的晚萌芽品种,其萌芽各个阶段与空气有效积温和土壤有效积温的相关关系都比较显著,该差异体现在萌芽的所有阶段,这与沈增学(1998)在桑发芽上的研究结果并不一致。

在正常情况下,土壤有效积温的积累速度比空气有效积温的积累量大、积累速度快,这说明地下根系和地上芽活动所需的合适的有效积温环境是不同的。除此之外,土壤有效积温与空气有效积温之间又存在良好的线性关系,说明地上生长温度环境和地下生长温度环境存在内在的协调性,而环境对植物生长具有塑造性,这种环境因子的协调性最终会以根系生长与地上芽生长的相互协调的形式表现出来。如果地上、地下生长环境的协调性被干扰,植株生长就会出现异常,“抽干”、“冬芽萌发后新梢枯死”等异常现象可能就会发生。

综上所述,土壤有效积温和空气有效积温在葡萄萌芽过程中起着关键的作用,重视二者的相互协调将会为葡萄栽培提供更好的指导。

参考文献

- Albuquerque N, García-Montiel F, Carrillo A, Burgos L (2008). Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements. *Environ Exp Bot*, 64: 162–170
- Chen Y, Wang X, Jiang B, Yang N, Li L (2016). Pavement induced soil warming accelerates leaf budburst of ash trees. *Urban For Urban Gree*, 16: 36–42
- Chen YL, Gu XH, Dong YS, Hu SW, Zhang QY, Zhao J (2014). Prediction of winter wheat yield based on remote sensing with accumulated temperature. *J Triticeae Crops*, 34 (8): 1130–1135 (in Chinese with English abstract) [陈艳玲, 顾晓鹤, 董燕生, 胡圣武, 张秋阳, 赵静(2014). 利用有效积温提高冬小麦估产精度的研究. *麦类作物学报*, 34 (8): 1130–1135]
- De Barba D, Rossi S, Deslauriers A, Morin H (2016). Effects of soil warming and nitrogen foliar applications on bud burst of black spruce. *Trees*, 30 (1): 87–97
- Feng RY, Cui FZ, Yang WD, Hao JP, Nan JF (2010). Effect of localized irrigation on physiological index of maize leaf. *J Irrig Drain*, 29 (3): 102–104, 108 (in Chinese with English abstract) [冯瑞云, 崔福柱, 杨武德, 郝建平, 南建福(2010). 不同局部灌溉方式对玉米叶片生理指标的影响. *灌溉排水学报*, 29 (3): 102–104, 108]
- Gao DS, Shu HR, Li XL (2001). A study on bud chilling requirements of fruit trees in greenhouse. *Acta Horti Sin*, 28 (4): 283–289 (in Chinese with English abstract) [高东升, 束怀瑞, 李宪利(2001). 几种适宜设施栽培果树需冷量的研究. *园艺学报*, 28 (4): 283–289]
- Gianfagna TJ, Mehlenbacher SA (1985). Importance of heat requirement for bud break and time of flowering in apple. *HortScience*, 20: 909–911
- Gu S (2015). Growing degree hours—a simple, accurate, and precise protocol to approximate growing heat summation for grapevines. *Int J Biometeorol*, 60 (8): 1123–1134
- Hellman EW (2003). Grapevine structure and function. In: Hellman EW (ed). *Oregon Viticulture*. Corvallis: Oregon State University Press, 5–19
- Jackson DI, Lombard PB (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality—a review. *Am J Enol Vitic*, 44: 409–430
- Jones GV, Davis RE (2000). Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *Am J Enol Vitic*, 51: 249–261
- Kong QS (2004). *China Grape*. Beijing: China Agriculture Science and Technology Publishing, 122–126 [孔庆山主编(2004). 中国葡萄志. 北京: 中国农业科学技术出版社, 122–126]
- Molitor D, Junk J, Evers D, Hoffmann L, Beyer M (2014). A high resolution cumulative degree day-based model to simulate phenological development of grapevine. *Am J Enol Vitic*, 65: 72–80
- Scarpore FV, Filho JAS, Rodrigues A, Reichardt K, Angelocci LR (2012). Growing degree-days for the ‘Niagara Reseda’ grapevine pruned in different seasons. *Int J Biometeorol*, 56: 823–830
- Shen ZX (1998). Study of accumulated temperature during bud germination in spring. *Jiangsu Sericult*, (3): 21–24 (in Chinese with English abstract) [沈增学(1998). 春期桑芽萌发积温研究. *江苏蚕业*, (3): 21–24]
- Shi JA, Liu YH, Han QF, Jia ZK (2009). Relationship between phenological phase and thermal conditions for alfalfa. *J Northwest A&F Univ (Nat Sci Ed)*, 37 (6): 39–46 (in Chinese with English abstract) [史纪安, 刘玉华, 韩清芳, 贾志宽(2009). 紫花苜蓿物候期与热量条件的关系. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 37 (6): 39–46]
- Sparks D (1993). Chilling and heating model for pecan budbreak. *J Amer Soc Hort Sci*, 118 (1): 29–35
- Wang HB, Wang XT, Wang BL, Wei CC, Liu WC, He JX, Liu FZ (2011). Chilling and heat requirements and relationship between them for major grape cultivars under protected culture. *J Fruit Sci*, 28 (1): 37–41 (in Chinese with English abstract) [王海波, 王孝娣, 王宝亮, 魏长存, 刘万春, 何锦兴, 刘凤之(2011). 设施葡萄常用品种的需冷量、需热量及二者关系研究. *果树学报*, 28 (1): 37–41]
- Wang J, Zhang L, Zhang XY, Li HY, Yuan HY (2014). GIS-based ecological adaptability regionalization for grape variety Grenache Noir in northern China. *Chin J Ecol*, 33 (11): 3088–3095 (in Chinese with English abstract) [王静, 张磊, 张晓煜, 李红英, 袁海燕(2014). 基于GIS的中国北方酿酒葡萄歌海娜(Grenache Noir)生态适宜性区划. *生态学杂志*, 33 (11): 3088–3095]
- Wang M, Li JS, Gao YM (2014). Effects of root restriction cultivation in greenhouse on the growing and quality of cherry tomato. *Acta Agric Boreal-Occident Sin*, (7): 131–137 (in Chinese with English abstract) [王敏, 李建设, 高艳明(2014). 限根栽培对日光温室樱桃番茄植株生长和品质的影响. *西北农业学报*, (7): 131–137]
- Wang XC, Qian YM, Zhao MZ, Wu WM, Wang QL (2014). Chilling and heat requirements and their relationship in budburst regulation of *Vitis vinifera* L. for protected cultivation. *Plant Physiol J*, 50 (3): 309–314 (in Chinese with English abstract) [王西成, 钱亚明, 赵密珍, 吴伟民, 王庆莲(2014). 设施葡萄萌芽调控中需冷量和需热量及其相互关系. *植物生理学报*, 50 (3): 309–314]

The relationship of effective accumulated temperature and bud burst in grapevine

SUN Lu-Long, XU Li-Li, DU Yuan-Peng, ZHAI Heng*

State Key Laboratory of Crop Biology, College of Horticultural Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China

Abstract: Effective accumulated temperature in air and soil together with bud burst process in two grapevine cultivars of different germination date were investigated. Relationship between two kinds of effective accumulated temperature and budburst process were analyzed. The results showed that, both soil and air effective accumulated temperature had an positive relationship with budburst process. Both soil and air effective accumulated temperature participated the process of bud burst. The early burst cultivar relied more on air effective accumulated temperature during bud burst process, on the contrast, the late burst cultivar had a more close relationship with soil effective accumulated temperature. Both cultivars need more soil effective accumulated temperature than the air effective accumulated temperature. A significant linear relationship was conducted between soil and air effective accumulated temperature.

Key words: effective accumulated temperature; bud burst; root; grapevine

Received 2016-06-01 Accepted 2016-07-19

This work was supported by China's Agriculture Research System (Grant No. CARS-30) and the Changjiang Scholars and Innovative Research Team in University Project (Grant No. IRT15R42).

*Corresponding author (E-mail: zhaih@sdau.edu.cn).