

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2022)02-0136-05

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2022.02.005

栽培生理

收敛式有效积温与马铃薯植株性状变化的相关性

徐宁*, 张洪亮, 张荣华, 许亚坤

(黑龙江省农垦科学院经济作物研究所, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 收敛式有效积温和相应关键生物物理参数不会因地理位置的差异而产生变化, 所以通过测定收敛式有效积温值, 可预判作物生理时期。研究以‘延薯4号’为试验材料, 采取连续整株取样的方式, 分别测定马铃薯的株高、茎粗、叶片数和块茎数, 同时记录当地最高温和最低温并计算收敛式有效积温, 分析马铃薯株高、茎粗、叶片数和块茎数与收敛式有效积温的相关性。茎粗方面, 在马铃薯整个生育期有2个增长时期, 分别在生育期的两端(852.63℃之前和1 576.62℃之后)。生长前期随着植株的成长, 茎粗不断变粗, 到达一定程度之后不再生长, 后期随着茎部纤维化的开始, 茎粗也随着开始变粗。块茎数在整个生育期一直增长, 增长速率呈现先快后慢的趋势, 在1 111.40℃前, 增长较快, 后期增长平稳, 说明在1 111.40℃时, 马铃薯进入成熟期。叶片数和株高方面, 呈先增加后减少的趋势, 并分别在1 278.46和1 494.97℃达到最大值, 说明在该积温区间后进入衰老期。研究结果可为马铃薯不同生理时期预测提供相应的理论支持。

关键词: 马铃薯; 收敛式有效积温; 植株性状; 相关性

Correlation Between Convergent Effective Accumulated Temperature and Changes of Potato Plant Characters

XU Ning*, ZHANG Hongliang, ZHANG Ronghua, XU Yakun

(Institute of Economic Crops, Heilongjiang Academy of Land Reclamation Sciences, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

Abstract: The key crop biophysical parameters response well with the convergent effective accumulated temperature and do not vary by geographic locations. Therefore, the physiological stage of a crop can be predicted by measuring the convergent effective accumulated temperature. In this study, 'Yanshu 4' was planted as the experimental material, and the plant height, stem diameter, leaf number and tuber number per plant of potato were measured by continuous whole plant sampling. At the same time, the local highest and lowest temperatures were recorded and the convergent effective accumulated temperature was calculated. The correlation of the plant height, stem diameter, leaf number and tuber number per plant with the convergent effective accumulated temperature was analyzed. For stem diameter, there were two growth stages in the whole growth period of potato, which were at both ends of the growth period (before 852.63℃ and after 1 576.62℃). In the early stage of growth, the stem diameter became thicker with the growth of the plant, and it did not grow after reaching a certain point. In the later stage, the stem diameter became thicker with the beginning of stem fibrosis. The tuber number had been increasing throughout the growth period, and the growth rate showed a first

收稿日期: 2022-04-01

基金项目: 黑龙江省自然科学基金(LH2021C084)。

作者简介: 徐宁(1983-), 男, 副研究员, 从事马铃薯栽培和育种工作。

*通信作者(Corresponding author): 徐宁, E-mail: 15590867902@163.com。

fast and then slow trend. Before 1 111.40°C, the growth was fast, and the later growth was stable, indicating that at 1 111.40°C, the potato enters the mature stage. The leaf number and plant height increased first and then decreased, and reached the maximum value at 1 278.46 and 1 494.97°C, respectively, indicating that it entered the aging period after the accumulated temperature range. The results could provide theoretical support for the prediction of different physiological stages of potato.

Key Words: potato; convergent effective accumulated temperature; plant trait; correlation

温度对植物生长至关重要, 不仅直接作用于植物, 还间接对光、水、土壤等的利用效率产生影响^[1]。一般情况, 温度、光照、降水等条件的数量变化被称为农作物气候适宜度的影响因子^[2]。但由于多因素互作中可变因子多, 所以研究单因素影响的可行性和实用性更高。在水分和养分充足、管理合理的前提下, 同温度相比其他因素的影响相对较小^[3], 因此积温的重要性更加明显。国内外以温度对马铃薯生长影响的研究较多, 积温方面的研究相对较少。有效积温可反映气候条件对作物生长的综合影响, 并且能作为分析作物的热量条件依据, 可用于确定一定气候条件下作物的适宜播期、生育期以及对应的生理生长特征^[4-8]。马铃薯生长与温度相关度高, 温度过低、过高都不利于生长。多数研究表明, 决定马铃薯生长主要有3个温度参数: 最低生长温度(T_b), 取值在5~7°C; 最适宜生长温度(T_o), 取值在18~20°C; 最高生长温度(T_m), 取值在29~30°C^[9,10]。采用非收敛性函数是现今最为普遍的有效积温计算方法, 即排除低温对数据的影响, 有效积温(非收敛式)和相应关键生物物理参数不会因地理位置的差异而产生变化, 所以通过了解有效积温值(非收敛式), 基本可以预判作物物候期。然而, 对马铃薯而言该计算方法存在明显缺陷, 即温度越高有效积温值就越高, 这与实际情况不符, 马铃薯是喜冷凉作物, 生长过程中并非温度越高越好。收敛式有效温度正好弥补了这一缺陷, 可同时排除低温和高温的影响。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试马铃薯品种‘延薯4号’, 由北大荒薯业

集团有限公司供种。试验地位于黑龙江省农垦科学院经济作物研究所阿城试验基地(E 126° 58' 16", N 46° 31' 37"), 属寒温带大陆性季风气候, 年均日照24 421 h, 年均活动积温2 946°C, 年均降水量553.2 mm, 无霜期162 d, 土壤为暗棕壤。

1.2 试验方法

试验于2020年进行, 常规种植管理, 垄宽65 cm, 株距25 cm, 垄长5 m, 5垄区。苗出齐后, 每隔7 d在不同小区顺序进行一次采样, 采样20株。分别测定株高、茎粗、叶片数和块茎数, 并记录每日最高温度和最低温度。计算收敛式有效积温, 具体计算方法为:

$$E_T = \sum T_x \times \left[1 - \left(\frac{T_x - T_o}{T_o - T_b} \right)^2 \right] (T_x \leq T_o)$$

$$E_T = \sum T_x \times \left[1 - \left(\frac{T_x - T_o}{T_m - T_o} \right)^2 \right] (T_x > T_o)$$

式中, E_T : 收敛式有效积温, T_x : 日平均温度, T_b : 生长最低温度, T_o : 生长最佳温度, T_m : 生长最高温度。采用收敛性函数计算马铃薯有效积温^[9]。并根据周岑岑^[11]研究把马铃薯生长的最低温度、最佳温度、最高温度设定为5, 19和30°C。

1.3 数据处理

利用Excel 2019进行数据整理及相关性分析, DPS 7.05进行方差分析, 处理间差异显著性分析采用Duncan's新复极差法。

2 结果与分析

2.1 株高随收敛式有效积温变化

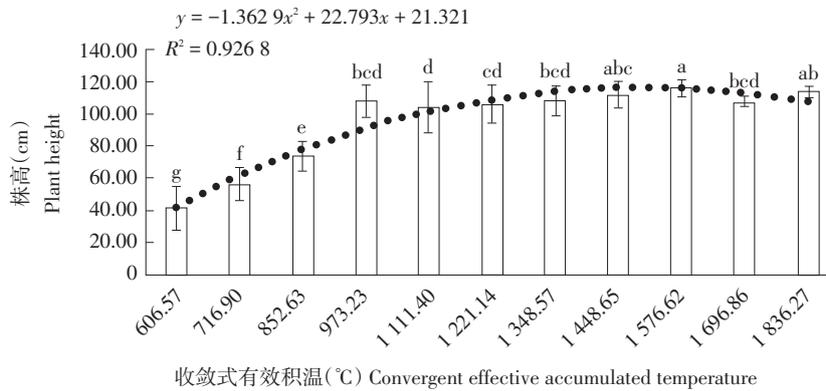
收敛式有效积温值在1 576.62°C时, 株高最高(116.42 cm), 该积温点与其他积温点间(除了

1 448.65 和 1 836.27℃积温点外)差异均达到显著水平。并且收敛式有效积温与株高呈二次函数变化, 对应函数公式为: $y = -1.362 9x^2 + 22.793x + 21.321$, R^2 为0.926 8, 说明 y 变量(株高)92.68%的变异可由 x 变量(收敛式有效积温)变化来预测和解释。从预测曲线变化得出, 株高在整个生育期呈先增长后下降的变化趋势, 理论分界点为 1 494.97℃。说明该积温点后马铃薯开始进入成熟期(图1)。

2.2 茎粗随收敛式有效积温变化

收敛式有效积温值在 1 836.27℃时, 茎粗达到最大(13.63 mm), 该积温点与其他积温点间(除

973.23℃积温点外)差异均达到显著水平。并且收敛式有效积温与植株茎粗呈四次函数变化, 对应函数公式为: $y = -0.003 5x^4 + 0.110 5x^3 - 1.125 6x^2 + 4.381 9x + 5.951 4$, R^2 为0.758 6, 说明 y 变量(茎粗)75.86%的变异可由 x 变量(收敛式有效积温)变化来预测和解释。从预测曲线变化可以看出, 茎粗变化出现“增平增”的变化趋势, 收敛式有效积温在 973.23~1 448.65℃有一个稳定时期, 从变化趋势分析出, 茎粗在整个生育期有 2 个增长时期, 分别在整个生育期的两端。生长前期茎粗不断变粗, 到达 852.63℃后保持平缓, 在 1 576.62℃后又开始变粗, 前期增幅大于后期(图2)。



注: 处理间不同小写字母表示差异显著, Duncan's 新复极差法。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences among treatments at 0.05 level as tested using Duncan's multiple range test method. The same below.

图1 不同收敛式有效积温条件下株高及变化趋势

Figure 1 Plant height and variation trend under different convergent effective accumulated temperature conditions

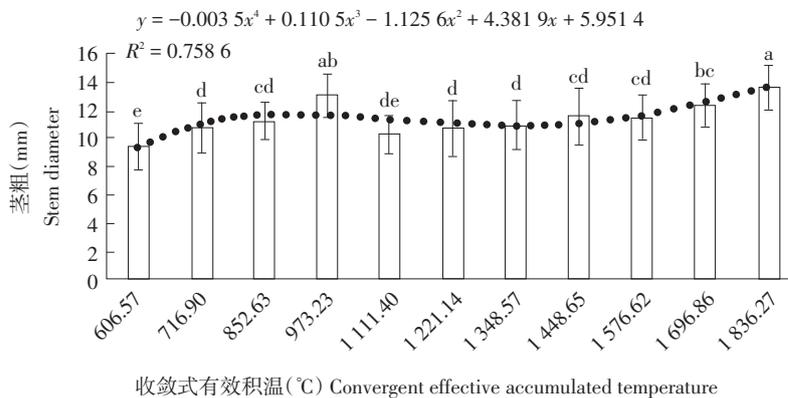


图2 不同收敛式有效积温条件下茎粗及变化趋势

Figure 2 Stem diameter and variation trend under different convergent effective accumulated temperature conditions

2.3 叶片数随收敛式有效积温变化

收敛式有效积温值在 1 348.57℃时, 叶片数最多(673.65 个), 该积温点与其他积温点间(除了 1 111.40、1 221.14 和 1 448.65℃3 点外)差异均达到显著水平。并且收敛式有效积温与叶片数呈二次函数变化, 对应函数公式为: $y = -15.612x^2 + 201.39x - 71.609$, R^2 为 0.841 9, 说明 y 变量(叶片数)84.19% 的变异由 x 变量(收敛式有效积温)变化来预测和解释。预测曲线变化可看出, 呈抛物线变化趋势。从变化趋势得出, 叶片数先增加后减少, 理论上在 1 278.46℃达到最大值。说明该积温点马铃薯开始进入衰老期(图 3)。

2.4 块茎数随收敛式有效积温变化

收敛式有效积温值在 1 836.27℃时, 块茎数达到最多(15.33 个), 且该积温点与其他积温点间(除 1 448.65 和 1 576.62℃积温点外)差异均达到显著水平。并且收敛式有效积温与块茎数呈对数变化, 对应函数公式为: $y = 5.6017 \ln(x) + 0.7673$, R^2 为 0.866 7, 说明 y 变量(块茎数)86.67% 的变异可由 x 变量(收敛式有效积温)变化来预测和解释。从预测曲线分析出, 块茎数在整个生育期一直处于增长状态, 增长速率呈现先快后慢的趋势, 从曲线可以看出分界点为 1 111.40℃, 该分界点前为结薯的高峰期(图 4)。

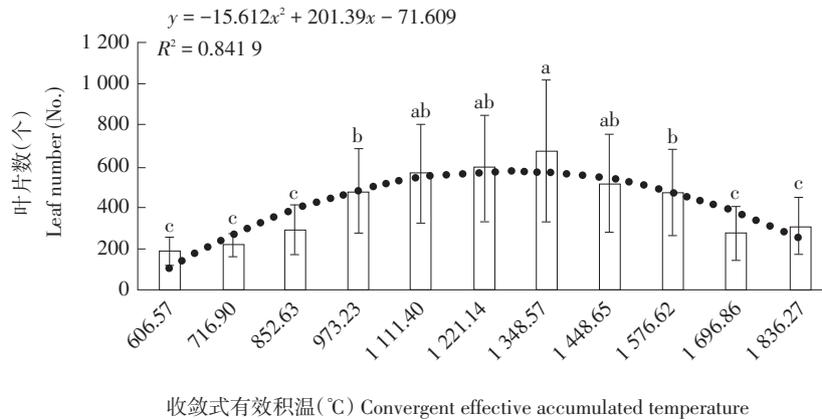


图 3 不同收敛式有效积温条件下叶片数及变化趋势

Figure 3 Leaf number and variation trend under different convergent effective accumulated temperature conditions

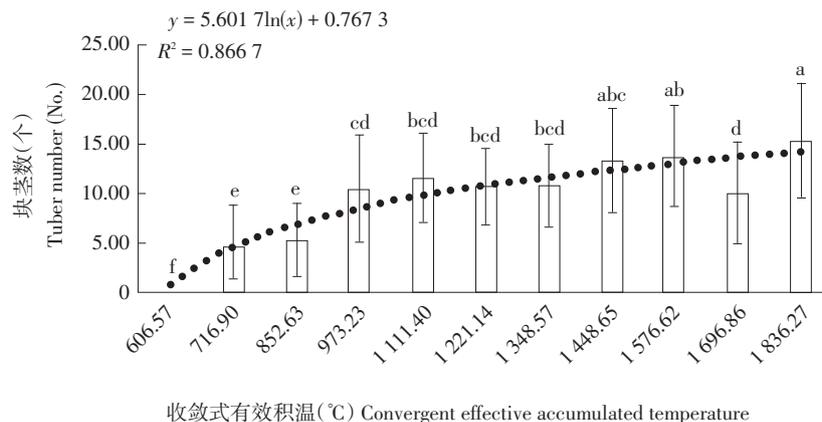


图 4 不同收敛式有效积温条件下块茎数及变化趋势

Figure 4 Tuber number and variation trend under different convergent effective accumulated temperature conditions

3 讨 论

收敛式有效积温与马铃薯植株性状相关性较高, 决定系数均在75%以上, 其中四分之三的测定项目的决定系数在84%以上, 所以初步判定可通过收敛式有效积温变化规律对马铃薯植株性状变化进行预测, 并确定相应的物候期。这符合何英彬等^[9]提出的收敛式有效积温可预测作物物候期的理论。也间接证明了采用收敛式有效积温预测植株长势和物候期的可行性。

试验得出茎粗增长有2个时期, 分别在生育期的两端, 生长前期随着植株向成熟转变, 茎粗不断变粗, 且增长较快。当收敛式有效积温到达852.63℃后长势停止, 在1 576.62℃后期随着茎部纤维化的开始, 茎粗又开始继续变粗。此变化符合正常的马铃薯生理变化, 并证明可通过收敛式有效积温判定茎部生长的活跃期和纤维化时期。

马铃薯块茎数在整个生育期一直处于增长状态, 增长速率呈现先快后慢的趋势, 快慢变化的分界点为1 111.40℃。说明收敛式有效积温在1 111.40℃之前是马铃薯生长的活跃期, 从该收敛式有效积温点开始, 马铃薯进入成熟期。

叶片数和株高呈现先增加后减少的趋势, 并分别在1 278.46和1 494.97℃达到最大值。说明收敛式有效积温在1 278.46~1 494.97℃是马铃薯生长最旺盛时期, 之后开始逐步进入衰老期。

[参 考 文 献]

- [1] 闫伟平, 赵洪祥, 张丽华, 等. 半干旱区温度变化对不同密度玉米植株光合作用的影响 [J]. 吉林农业科学, 2015, 40(5): 14-20.
- [2] 邱美娟, 王冬妮, 王美玉, 等. 近35年吉林省玉米气候适宜度及其变化 [J]. 东北农业科学, 2019, 44(1): 70-78.
- [3] Major D R, Kiniry J R. Predicting day length effects on phenological processes [M]. Boca Raton: CRC Press, 1991: 15-28.
- [4] 龚绍先. 粮食作物与气象 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1988: 2-3.
- [5] 杨轩, 王自奎, 曹铨, 等. 陇东地区几种旱作作物产量对降水与气温变化的响应 [J]. 农业工程学报, 2016, 32(9): 106-114.
- [6] 姚建成. 气象对农作物生长的影响 [J]. 农业与技术, 2017, 37(20): 244.
- [7] 高洪蛟, 李奇. 浅谈积温 [J]. 黑龙江气象, 2017(2): 15.
- [8] 张凯, 王润元, 冯起, 等. 模拟增温和降水变化对半干旱区春小麦生长及产量的影响 [J]. 农业工程学报, 2015, 31(s1): 161-170.
- [9] 何英彬, 罗其友, 季维春, 等. 马铃薯表观特征及空间分布信息提取与分析 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2018: 7-8.
- [10] Jefferies R A, 赵奇. 依据积温和土壤含水量估算马铃薯块茎干物质浓度 [J]. 国外农学-杂粮作物, 1990(6): 19-23.
- [11] 周岑岑. 马铃薯生育期及形态建成的模拟研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2015.