

Requerimentos agroclimáticos para a cultura do lúpulo

Gabriel Berenhauser Leite¹ e Cristina Pandolfo¹

Resumo – O lúpulo é uma nova espécie com interesse de cultivo em Santa Catarina. Poucas são as informações locais a respeito da sua adaptação e de seu desempenho nas condições climáticas do Estado. Apesar de ser uma planta originária de clima temperado e altas latitudes, com invernos frios e fotoperíodo variável ao longo do ano, experiências de cultivo demonstram viabilidade em regiões mais quentes e de latitudes mais baixas. Este fato demonstra que alguns parâmetros agroclimáticos, até agora considerados adequados ao crescimento e desenvolvimento da cultura, são controversos. Este estudo objetiva discutir estes parâmetros à luz dos conhecimentos atualmente existentes.

Termos para indexação: *Humulus lupulus* L.; Fotoperíodo; Temperatura; Soma térmica; Dormência; Vernalização.

Agroclimatic requirements for hop culture

Abstract – Hops is a new species with interest for cultivation in Santa Catarina. There is little local information regarding its adaptation and performance in these climatic conditions. Despite being a plant originating from temperate climate and high latitudes, with cold winters and variable photoperiod throughout the year, cultivation experiences demonstrate the feasibility of cultivation of hop in warmer regions and lower latitudes. This fact demonstrates that some agroclimatic parameters, until now considered for the crop, are controversial. This study aims to discuss these parameters in light of the new knowledge currently available.

Index terms: *Humulus lupulus* L.; Photoperiod; Temperature; Thermal sum; Dormancy; Vernalization.

Introdução

O lúpulo (*Humulus lupulus* L.) é uma planta de região temperada tradicionalmente cultivada na Europa, entre as latitudes de 35° e 55° Norte (SIRRINE, 2009; DE CARVALHO, 2018). Apesar de ser perene, a parte aérea da planta do lúpulo tem um comportamento anual, com brotação a partir de um rizoma/bulbo e desenvolvimento vegetativo dos ramos verticais ao longo da primavera e do verão, com produção de ramos florais a partir do verão e início do outono. No final do outono e início do inverno, a parte vegetativa entra em senescência e a planta entra em dormência, fechando assim o ciclo anual.

Por ser uma planta de clima temperado e ter o seu cultivo até há pouco tempo restrito a essas regiões, os parâmetros agroclimáticos da cultura foram, de maneira geral, determinados com base no clima destas regiões. Disto depreende-se a necessidade de frio hibernal para a indução da brotação e do fotoperíodo para a diferenciação floral em quase todos os estudos a res-

peito da cultura (BAUERLE, 2019). Com a expansão do cultivo para regiões até então consideradas como marginais, observou-se que esta espécie apresenta uma plasticidade maior do que se supunha.

Neste trabalho são apresentadas as informações existentes sobre os parâmetros agroclimáticos da cultura encontrados em diversas publicações e confrontadas com a realidade de cultivo em condições climáticas divergentes às preconizadas.

Fotoperíodo e floração

Mudanças na duração do dia, com horas de brilho solar se reduzindo a partir do solstício de verão, fornecem o sinal ambiental para o lúpulo passar do estágio de crescimento vegetativo para o reprodutivo. A redução do comprimento do dia é crucial para a transição de fase qualitativa da gema (BAUERLE, 2019). Com a redução do fotoperíodo em regiões de clima temperado, a planta para de crescer verticalmente e ocorre o início da diferenciação das gemas

que se encontram nas axilas das folhas, com desenvolvimento de ramos laterais mistos, com folhas e inflorescências, no terço superior do caule (SPÓSITO et al., 2019; BAUERLE, 2019).

O fotoperíodo ideal para a floração do lúpulo é discutível, pois o comprimento do dia exato é variável e geralmente específico do cultivar (CRAIN, 2011). Segundo Spósito et al. (2019), a indução floral pode ocorrer em um 'comprimento mínimo diurno' entre 8 e 10h, mas também fotoperíodos de até 16h de luz podem ser efetivos.

Thomas & Schwabe (1969), trabalhando com os cultivares Fuggle, CC 31 e New York Hop, concluíram que o lúpulo é uma planta de dia curto, ou seja: as plantas de dia curto florescem apenas quando os comprimentos do dia se tornam suficientemente curtos, com as horas do dia sendo menores do que o máximo limiar. Em seus estudos, plantas submetidas a fotoperíodos de 13,5h e 16,5h floresceram em 12 e 26 semanas, respectivamente. Já fotoperíodos de 20,5h e 24h reprimiram a floração, mas não o crescimento vegetativo.

Recebido em 30/07/2021. Aceito para publicação em 07/02/2022.

¹ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri/Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram), Rodovia Admar Gonzaga, 1347 – Itacorubi, Florianópolis, SC – Brasil – CEP 88034-901, e-mail: gabriel@epagri.sc.gov.br; cristina@epagri.sc.gov.br

Fotoperíodo muito curto (8h) induziu à dormência antes que a floração pudesse ocorrer, mostrando que há um número mínimo e um número máximo de horas para o lúpulo florescer. A conclusão dos autores é de que, de modo geral, o fotoperíodo adequado para o florescimento do lúpulo varia de 10 a 16h de luz. A duração do dia curto é importante, pois dias muito curtos (8h) induzem à dormência antes que a floração possa ocorrer. Em baixa temperatura, a indução é possível com fotoperíodo mais longo. Diferenças nas respostas entre os cultivares levam à conclusão de que há uma compensação entre o número de flores e o tempo necessário para florescer e também que cada genótipo pode ter um fotoperíodo que induza um florescimento mais rápido.

Como visto anteriormente, o lúpulo se desenvolve e floresce em uma ampla faixa de fotoperíodo, permitindo que possa ser cultivado em diferentes latitudes. Em latitudes mais altas, a acentuada redução de horas de luz por dia no outono favorece o processo de florescimento. No caso do Brasil, observa-se o cultivo em latitudes mais baixas, entre 15°S e 30°S, podendo essa menor amplitude do fotoperíodo influenciar no tempo de indução para o florescimento e no ciclo da cultura (SPÓSITO et al., 2019).

Temperatura, soma térmica e radiação solar

Não existe unanimidade quanto à faixa ideal de temperatura para o desenvolvimento do lúpulo. Segundo Hilton (2002), a temperatura média anual ótima para a maioria das variedades ficaria entre 8°C e 10°C. Já Rybacek (1991) cita que a faixa ideal de temperatura para o desenvolvimento do lúpulo está entre 16°C e 18°C e que em temperaturas abaixo de 5°C e acima de 35°C a planta tem seu crescimento paralisado. Essa mesma faixa de temperatura corrobora com Burgess (1964), o qual afirma que a temperatura média deve aumentar gradualmente à medida que a estação avança, aproximadamente 10°C em meados de abril, quando o lúpulo inicia a sua atividade vegetativa, chegando a uma média máxima de 15,5°C a 18,3°C

em julho e agosto, com uma ligeira queda em setembro, no período em que os cones finalizam o amadurecimento no Hemisfério Norte. De acordo com Spósito et al (2019), o lúpulo se desenvolve bem em temperaturas um pouco mais elevadas, entre 20°C e 30°C. Como pode ser visto, as informações se baseiam nas condições de temperaturas observadas no local de produção e não em experimentação com tratamentos de diferentes faixas de temperatura. Eriksen et al. (2020), analisando o efeito das temperaturas sobre a capacidade fotossintética do lúpulo, observaram que, em termos gerais, temperaturas entre 21 e 39°C parecem ser o intervalo de crescimento ideal para os cultivares 'Cascade', 'Willamette' e 'Southern Brewer', com valores máximos de fotossíntese e absorção de CO₂ entre 27 e 39°C.

A temperatura na época da floração não parece desempenhar um papel importante na indução floral do lúpulo (CRAIN, 2011), mas, segundo Wagner (1975) e Leskovar (1978), *apud* Faghezzi (2020), a amplitude térmica pronunciada entre o período de floração e a colheita diminui a produção de cones (flores) e o conteúdo de alfa ácido, também conhecido como humulona, que é o composto químico sintetizado nas flores do lúpulo que dá o sabor amargo na cerveja.

O lúpulo é muito sensível às geadas da primavera, pois além impedirem totalmente o crescimento dos cones, elas danificam as folhas jovens se a temperatura for inferior a -5°C (RYBACEK, 1991).

O lúpulo é uma planta de pleno sol, com seu ponto de saturação luminosa variando de 400 a 430W.m⁻², praticamente a totalidade da intensidade de luz incidente em um dia sem nuvens, perto do meio-dia (438 a 526W.m⁻² ou 2014 a 2500μm m² s⁻¹), fotossintetizando quase a totalidade da luz recebida (SPÓSITO et al., 2019).

O lúpulo requer de 1.800 a 2.000h de insolação por ano, sendo que 1.300 a 1.500h devem ocorrer no período vegetativo para promover o rápido desenvolvimento necessário antes da indução ao florescimento provocado pela redução do fotoperíodo. Como o período vegetativo do lúpulo dura entre 122 e 127 dias, a planta necessita em média de 11,2h de sol por dia na primavera (RY-

BACEK, 1991).

Em termos de somas térmicas, o lúpulo necessita, da brotação até a maturidade dos cones, entre 1.751 a 2.900°C dia, dependendo do cultivar (MAROVT, 2007). A quantidade de humulona também é influenciada pelas somas térmicas (WAGNER,1968), devendo superar 800°C dia entre a floração e a colheita. Para Carrilho (1981), a soma térmica para o lúpulo seria de 2.500 a 3.000°C dia, enquanto que Kralj (1962) cita a necessidade de 2.400 a 2.500°C dia, evidenciando a diferença de requerimento entre os cultivares analisados. Zmrzlak (1991) e Zmrzlak & Kajfež-Bogataj (1996) apontam que a temperatura base, ou seja, a temperatura mínima necessária para o início da vegetação do lúpulo é de 5°C.

Dormência/vernalização

As baixas temperaturas do inverno, sobretudo em condições de inverno de clima temperado, mantêm as plantas em dormência. Segundo Rybacek (1991), o período de dormência dura aproximadamente seis meses, da segunda quinzena de outubro ao início de abril no Hemisfério Norte, começando a partir do decaimento dos órgãos acima do solo no outono e transferência de reservas para as raízes de armazenamento e terminando com o surgimento de novos brotos na primavera. A reserva de amido nas raízes é usada na manutenção dos tecidos das raízes no processo de respiração durante este período. A partir da quebra de dormência das gemas, a planta retoma o seu desenvolvimento à medida que ocorre o aumento das temperaturas na primavera. Nessa época, as reservas de carboidratos do sistema radicular voltam a ser utilizadas pela planta como energia para iniciar as brotações das gemas e a formação dos ramos e folhas em um novo ciclo da cultura.

Assim como em todas as plantas de clima temperado, a quebra da dormência das gemas ocorreria com um acúmulo de horas de frio. Diversos autores citam a necessidade de acúmulo de frio hibernal para o desenvolvimento e a floração do lúpulo (SPÓSITO et al., 2019; DODDS, 2017; SIRRINE, 2009;

WILLIAMS et al., 1961). Segundo Spósito et al. (2019), a temperatura basal utilizada para a cultura do lúpulo nos Estados Unidos é de 6°C. Esta seria a temperatura abaixo da qual as plantas, dependendo da variedade, precisariam estar expostas por um período entre 30 e 60 dias. Dodds (2017) afirma que o lúpulo necessita de um período de vernalização com temperaturas que variam de 4 a 6°C para promover um crescimento vegetativo vigoroso e uniforme no ciclo seguinte. Do mesmo modo, Sirrini (2009) aponta a necessidade de 1 a 2 meses com temperaturas abaixo de 4,5°C para um crescimento vegetativo ideal, o que raramente seria satisfeito abaixo de 35° de latitude. Sem um período adequado de vernalização, a quebra da dormência pode ser insuficiente, resultando num fraco e errático crescimento de primavera. O crescimento vigoroso e sincronizado é importante para o bom desenvolvimento do dossel que, por sua vez, afetará a uniformidade da floração, o rendimento e a maturidade dos cones (WILLIAMS et al., 1961).

A necessidade do acúmulo de frio no inverno é amplamente aceita na indústria do lúpulo. No entanto, dados publicados sobre temperatura limite e requisitos mínimos de resfriamento para a quebra da dormência no lúpulo são raramente encontrados. Segundo Bauerle (2019), a disseminação de publicações com informações locais de comportamento sem experimentação sobre frio e dormência levou, em parte, a uma noção arraigada de que o lúpulo requer vernalização e/ou dormência para que o meristema mude de um estado vegetativo para floral. A vernalização e a dormência foram aceitas como pré-requisitos de indução floral para lúpulo, por exemplo, mas não se conhecem dados publicados para substanciar ou refutar a necessidade de resfriamento e a baixa temperatura para a saída da fase de dormência, como também não há dados publicados disponíveis que mostrem uma correlação de horas de frio com a indução e o desenvolvimento de flores de lúpulo (BAUERLE, 2019).

Em seu trabalho com plantas vernalizadas e não vernalizadas, Bauerle (2019) mostrou não haver efeitos significativos de vernalização no rendimento do cone entre cultivares, em porta-

enxertos, estacas e cultura de tecidos. Ou seja, o lúpulo não requer baixas temperaturas ou dormência para atingir a iniciação e formação de flores típicas de cone de produção. Do mesmo modo, o rendimento e a qualidade do lúpulo também não foram significativamente diferentes com a exposição ou não ao frio e à dormência. Estes resultados fornecem evidências de que dois sinais de floração, dormência e vernalização não são necessários no florescimento do lúpulo. Neste trabalho, o autor não faz nenhuma consideração sobre o vigor e a sincronização das brotações para a formação do dossel nos diferentes tratamentos. Apesar disso, como ele afirma não ter tido diferença de rendimento, fica subtendido que também não houve diferenças quanto à qualidade da brotação. Deste modo, tem havido um retrocesso na reprodução e produção do lúpulo devido ao engano de uma exigência de vernalização e dormência (BAUERLE, 2019).

Em regiões em que as plantas não passam por um frio (vernalização), o estresse hídrico no inverno, seguido da retomada das precipitações no início da primavera, também serve de estímulo para a brotação de novos ramos (SPÓSITO, 2019).

Precipitação

Pavlovič et al. (2012) comentaram que a chuva acumulada deve ser de 500 a 600mm no período vegetativo, enquanto Rybacek (1991) considera que o consumo hídrico acumulado é de 482mm (média diária de 3,85mm) e ressalta que, nos meses mais quentes do Hemisfério Norte (julho e agosto), o consumo hídrico é maior, cerca de 100mm por mês (DE CARVALHO, 2018).

Considerações finais

O lúpulo apresenta uma grande plasticidade no que se refere à indução da floração, podendo florescer em uma ampla faixa de fotoperíodo (10 a 16 horas), permitindo assim ser cultivado em diferentes latitudes.

Não existe unanimidade quanto à faixa ideal de temperatura para o de-

envolvimento do lúpulo, ficando a média entre 15 e 30°C.

A amplitude térmica pronunciada, entre o período de floração e colheita, pode influenciar na qualidade do lúpulo, diminuindo a produção e o conteúdo de alfa ácido nos cones.

O lúpulo requer de 1.800 a 2.000 horas de insolação por ano, com somas térmicas, da brotação até a maturidade dos cones, entre 1.751 e 3.000°C dia, dependendo do cultivar.

O lúpulo não requer baixas temperaturas no inverno para atingir a iniciação e formação de flor, como também essas temperaturas não influenciam no rendimento e na qualidade do lúpulo.

O amplo intervalo de valores para os parâmetros encontrados na revisão pode ter sido influenciado pelos materiais genéticos (cultivares) diferentes utilizados pelos autores em diferentes regiões produtoras. Portanto, é importante estudar a adaptação de cultivares para escolher as que melhor se adaptam à região de cultivo pretendido.

Referências

BAUERLE, W.L. Disentangling photoperiod from hop vernalization and dormancy for global production and speed breeding. *Sci Rep.* v.9, 16003, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52548-0>

BURGESS, A.H., **Hops, botany, cultivation and utilization.** ed. Polunin, N. Interscience Publishers, New York, 1964.

CARRILHO, F. Necessidades do lúpulo do ponto de vista do clima e trabalhos culturais. **1as Jornas Técnicas sobre a Cultura do Lúpulo**, Braga. 1981.

CRAIN, M.N. **Factors controlling hop flowering and their potential and their potential for use in the brewing and pharmaceutical industries.** Honors Program Theses. 33p. 2011. Disponível em: <https://scholarworks.uni.edu/hpt/10/> Acesso em 22 fev 2022.

DE CARVALHO, V.P. **Zoneamento agroclimático da cultura de lúpulo para o estado do rio de janeiro: uma aplicação da lógica fuzzy.** 2018. 115p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ERIKSEN, R.L.; RUTTO, L.K.; DOMBROWSKI,

- J.E.; HENNING, J.A. Photosynthetic Activity of Six Hop (*Humulus lupulus* L.) Cultivars under Different Temperature Treatments. **HORTSCIENCE**, v.55, n.4, p. 403-409, 2020.
- DODDS, K. **Hops, a guide for new growers**. NSW Department of Primary Industries, 44 p., 2017.
- FAGHERAZZI, M. M. **Adaptabilidade de cultivares de lúpulo na região do planalto sul catarinense**. 2020. 118p. Tese (Dourorado), UDESC, Lages, 2020.
- HILTON, J.F. **Farm Fresh Hops for six generation**, 2002. Disponível em: <https://www.hopsteiner.com>. Acesso em: 20 fev 2022.
- KRALJ, D. Influence of temperature and rainfall on the growth of Savinja Golding. *In: Yugoslavian symposium of hop production*, I, 1962. **Symposium**[...] Velenje, Slovenia ; p. 7-20. 1962.
- MAROV, M. **Vpliv gostote in razporeditve rastlin na rast, razvoj in kakovost hmelja (*Humulus Lupulus* L.)**. 2007. 51 p. TCC (Agronomije). Univerza V Ljubljani. 2007.
- PAVLOVIČ, V., PAVLOVIČ, M., ČERENAK, A., KOŠIR, I. J., ČEH, B., ROZMAN, TURK, J., PAZEK, K., KROFTA, K., GREGORIC, G., Environment and weather influence on quality and Market value of hops, **Plant Soil Environment**, v. 58, p. 155-160, 2012.
- RYBACEK, V. **Hop Production**, vol. 16. 1st edition. Holland: Elsevier Science. 286 p., 1991.
- SPÓSITO, M.B.; ISMAEL, R.V.; BARBOSA, C.M.A.; TAGLIAFERRO, A.L. **A cultura do lúpulo / -- Piracicaba: ESALQ Divisão de Biblioteca**, 81 p., 2019 (Série Produtor Rural, no. 68).
- SIRRINE, J.R. **Sustainable Hoop Production in the Great Lakes Region**. MSU Extention, 2009.
- THOMAS, G.G., SCHWABE, W.W. Factors Controlling Flowering in the Hop (*Humulus lupulus* L.). **Ann. Bot.**v.33, p.781-793, 1969.
- WAGNER, T. **Hmeljarstvo**. 1. del – skripta. Kmetijski kombinat Žalec: 115 str.1968.
- WAGNER, T. Vpliv temperature in vlage na pridelek hmelja v Sloveniji. **Hmeljarski bilten**, v.3, p. 81-88, 1975.
- WILLIAMS, I.H.; ROBERTS, J.B.; COLEY-SMITH, J.R. Studies of the dormant phase of the hop (*Humulus lupulus* L.) **Annual report for 1960**. Department of Hop Research, Wye College England, p. 48–58. 1961.
- ZMRZLAK, M. **Dynamics of phenological development of hops (cv. Savinjski Golding, Aurora) related to air temperature in lower Savinja valley**. 1991. 59p. Thesis (Graduation Agronomija). Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.
- ZMRZLAK, M., KAJFEŽ-BOGATAJ L. Phenological modeling of growth stages of the hop (*Humulus lupulus* L.). *Biometeorology*, IN: Int. Con. of Biometeorology, 14, 1996. **Proceedings**[...] Ljubljana, Slovenia, 1996