

5.7 TINASHE CHIURUGWI, HELEN HOLMES, AIMING QI, TANSY CHIA, EFFIE MUTASA-GÖTTGENS
Rothamsted Research, Broom's Barn, Higham, Bury St Edmunds, Suffolk IP28 6NP, UK

Original language: English

DEVELOPMENT OF MOLECULAR PARAMETERS FOR THE BEET VERNALISATION-INTENSITY BOLTING MODEL

ABSTRACT

Sugar beet, *Beta vulgaris* spp. *vulgaris* has biennial and annual types. Biennial beet is grown for sugar as an annual crop. Biennial plants exposed to prolonged cold periods become vernalised, an inductive process that allows them to bolt and flower in long-day conditions (LD). Unlike the biennials, annual beets bolt and flower in response to LD alone, they lack an obligate vernalisation requirement. Bolters negatively affect yield and quality, harvesting, and other agronomic practices. The most effective way to overcome these effects is selecting bolting resistant cultivars. Bolting is a quantitative response that is directly related to the amount of vernalisation experienced and a model that uses parameters for the intensity and duration of vernalisation to predict bolting responses has been developed. We applied the vernalisation-intensity model to accurately determine the threshold number of vernalising hours needed to induce bolting (vernalisation requirements – VR), and the rate of increase in bolting incidence once the VR has been satisfied (bolting sensitivity – BS) for six beet varieties. Our results demonstrate that applying the model requires estimation of VR and BS for a particular variety using accurate local weather records or controlled environment conditions. To establish a cost effective, higher throughput, and easier way of applying the model, we sought to determine the physiological and molecular genetic factors linked to VR and BS. We found that attainment of the threshold vernalization intensity is correlated with up-regulation of gibberelic acid biosynthesis genes and certain reproductive meristem identity genes. Furthermore, the expression profiles of these genes during vernalisation in biennial beets closely match those observed during developmental transition to bolting in annual types. Our data suggest that, these expression profiles can be developed and used as discriminating and predicting tools for quantifying bolting resistance in beet for breeders and growers.

DEVELOPPEMENT DE PARAMETRES MOLECULAIRES POUR LE MODELE DE MONTAISON SELON L'INTENSITE DE VERNALISATION CHEZ LA BETTERAVE

RÉSUMÉ

La betterave sucrière, *Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* peut être de type bisannuel ou annuel. La betterave bisannuelle est cultivée pour son sucre en culture annuelle. Celle-ci, lorsqu'elle est exposée à des périodes de froid prolongées, est vernalisée ce qui correspond à un processus inductif lui permettant de monter et fleurir sous des

conditions de jours longs (JL). Contrairement aux plantes bisannuelles, les betteraves annuelles montent et fleurissent uniquement en réponse aux JL, ne nécessitant ainsi pas de vernalisation. Les plantes en montaison affectent négativement le rendement et la qualité ainsi que la récolte et d'autres pratiques agronomiques. La solution la plus efficace pour maîtriser ces effets est le recours à la sélection de cultivars résistants à la montaison. Cette dernière est une réponse quantitative liée directement à la quantité de vernalisation expérimentée. Dès lors, un modèle utilisant des paramètres d'intensité et de durée de la vernalisation, destiné à prédire la montaison, a été développé. Nous avons appliqué le modèle vernalisation-intensité pour six variétés de betteraves afin de déterminer précisément le nombre minimum d'heures vernalisantes nécessaires pour induire la montaison (exigences de vernalisation – EV), ainsi que le taux d'accroissement de l'incidence de la montaison une fois que les EV ont été satisfaites (sensibilité à la montaison – SM). Nos résultats démontrent que l'application du modèle, pour une variété particulière, requiert l'estimation d'EV et SM réalisée sur base de données climatiques locales précises ou de conditions environnementales contrôlées. Afin d'établir un coût effectif, un débit plus élevé et une manière plus simple d'appliquer le modèle, nous avons cherché à déterminer les facteurs physiologiques et de génétique moléculaire liés à EV et SM. Nous avons trouvé que l'obtention de l'intensité seuil de vernalisation est corrélée à la régulation positive des gènes de biosynthèse de l'acide gibbérellique et de certains gènes d'identité du méristème reproducteur. De plus, les profils d'expression de ces gènes pendant la vernalisation chez les betteraves bisannuelles correspondent étroitement à ceux observés pendant la transition à la montaison chez les types annuels. Nos données suggèrent que ces profils d'expression peuvent être développés et utilisés en tant qu'instruments de discrimination et de prévision afin de quantifier la résistance à la montaison de la betterave, aidant ainsi à la fois les améliorateurs et les cultivateurs.

ENTWICKLUNG MOLEKULARER PARAMETER FÜR DAS VERNALISATIONS-SCHOSSMODELL IN ZUCKERRÜBEN

KURZFASSUNG

Bei der Zuckerrübe, *Beta vulgaris* spp. *vulgaris*, gibt es zweijährige und einjährige Formen. Die zweijährige Rübe wird zur Produktion von Zucker als einjährige Feldfrucht angebaut. Zweijährige Pflanzen, die längeren Kälteperioden ausgesetzt sind, werden vernalisiert, ein induktiver Prozess, der dazu führt, dass sie unter Langtagsbedingungen schossen und blühen. Annuelle Rüben dagegen schossen und blühen ausschließlich in Abhängigkeit von den Langtagsbedingungen, eine Vernalisation ist bei ihnen nicht erforderlich. Schosser beeinträchtigen Ertrag und Qualität, die Ernte und andere pflanzenbauliche Maßnahmen. Am effektivsten können diese Auswirkungen durch die Züchtung schossresistenter Sorten vermieden werden. Das Schossen ist eine quantitative Reaktion, die direkt mit dem Ausmaß der Vernalisation korreliert. Zur Vorhersage der Schossresistenz wurde ein Modell entwickelt, das auf Parametern der Intensität und Dauer der Vernalisation beruht. Dieses Vernalisations-Intensitäts-Modell haben wir benutzt, um den Grenzwert (in Vernalisations-Stunden) zu bestimmen, der genau notwendig ist um das Schossen zu induzieren (Vernalisationsanforderungen), und die Steigerungsrate zu bestimmen, mit der bei sechs Zuckerrübensorten das Schossen einsetzt, nachdem die Vernalisationsanforderungen

erfüllt sind (Schossanfälligkeit). Unsere Ergebnisse zeigen, dass für eine Anwendung des Modells auf eine bestimmte Sorte deren Vernalisationsanforderungen und Schossanfälligkeit geschätzt werden müssen und genaue örtliche Wetterangaben oder kontrollierte Umweltbedingungen erforderlich sind. Um das Modell kosteneffektiver, mit hoher Durchsatzgeschwindigkeit und einfacher anwenden zu können wollten wir die physiologischen und molekulargenetischen Faktoren bestimmen, die mit Vernalisationsanforderungen und Schossanfälligkeit verknüpft sind. Es zeigte sich, dass das Erreichen des Schwellenwerts der Vernalisation mit einer Hochregulierung der Gene der Gibberellinsäure-Biosynthese und bestimmter „reproductive meristem identity“-Gene verknüpft ist. Darüberhinaus stimmen die Expressionsprofile dieser Gene während der Vernalisation in zweijährigen Rüben eng mit denen überein, die beim Entwicklungsübergang zum Schossen auch bei annuellen Typen zu finden sind. Unsere Daten lassen vermuten, dass diese Expressionsmuster weiterentwickelt werden können, um daraus Unterscheidungs- und Vorhersagetools für eine Quantifizierung der Schossresistenz in Rüben für Züchter und Anbauer zu entwickeln.
