

RAJABI, A^{1,2}, GRIFFITHS, H¹ AND OBER, E²

¹Department of Plant Sciences, University of Cambridge, CAMBRIDGE CB2 3EA, UK,

²Broom's Barn Research Station, Higham, BURY ST EDMUNDS, SUFFOLK, IP28 6NP, UK.

Corresponding address:

Abazar Rajabi

Department of Plant Sciences,

University of Cambridge,

Cambridge CB2 3EA, UK.

Email: ar358@cam.ac.uk

Tel: +40 (0)1223 330218

Fax: +40 (0)1223 333953

CARBON ISOTOPE DISCRIMINATION AND DROUGHT TOLERANCE IN SUGAR BEET

Abstract

Varieties with increased water use efficiency (WUE), indirectly measured by Carbon isotope discrimination (Delta), could save water while maintaining yield. However, WUE, an important component of drought tolerance, has not been studied extensively in sugar beet. The objectives of this study are: 1) to evaluate genotypic variation for Delta, WUE and dry matter accumulation in sugar beet under well-watered and water-limited conditions; 2) to test the relationship of Delta with WUE, yield and secondary traits, and 3) to identify possible surrogate measures of Delta. Sugar beet genotypes were evaluated in the field where drought stress was imposed by using large polythene covers. There was genotypic variation for root yield, total dry matter (TDM), specific leaf weight (SLW), succulence index, Delta and WUE. Variation in WUE was mainly accounted for by variation in TDM rather than by variation in water use indicating that WUE could be a breeding target to improve yield. Delta in leaf and root samples were significantly correlated ($r=0.90$, $p<0.05$) showing that leaf Delta may be sufficient to differentiate genotypes. Delta values in leaves were positively correlated in well-watered and water-limited conditions ($r=0.77$, $p<0.01$). Leaf thickness indicated by SLW was significantly correlated with Delta ($r=-0.78$, $p<0.01$) suggesting that SLW could be used as an inexpensive surrogate measure to cull the inferior genotypes in early stages of breeding programmes. The expected negative relationship between Delta and WUE was observed, although it was not significant. Poor correlation between Delta and yield indicates opportunities to simultaneously improve both yield and Delta through hybridization. The results show that leaf samples analysed for Delta under well-watered treatment may be sufficient to differentiate sugar beet genotypes for Delta, which has a potential to be used as a selection tool for breeding WUE in sugar beet. However, the establishment of this relationship needs further work with more genotypes which is currently being undertaken.

Key words: Sugar beet, WUE, Delta

DISCRIMINATION DE L'ISOTOPE DE CARBONE ET DE LA TOLERANCE A LA SECHERESSE EN BETTERAVE SUCRIERE

Abrégé

Les variétés à efficience d'absorbtion de l'eau (WUE), mesurées indirectement par discrimination de l'isotope de carbone (Delta), pourraient économiser l'eau tout en maintenant le rendement. Toutefois, les WUE, qui sont un important composant de la tolérance à la sécheresse, n'ont pas encore été étudiées de manière significative en recherche betteravière. Les objectifs de cette étude sont : 1) évaluer la variation génotypique pour Delta, WUE et l'accumulation de matières sèches en betteraves sucrières dans des conditions d'irrigation et des conditions d'apport limité en eau; 2) de tester la relation de Delta avec WUE, le rendement et les traits secondaires, et 3) d'identifier des mesures de remplacement potentielles de Delta. Les géotypes de betterave ont été évalués dans les champs où le stress hydrique a été imposé par l'utilisation de grandes couvertures en polyéthylène. On a observé des variations génotypiques pour le rendement racine, la teneur totale en matière sèche (TDM), le poids spécifique des feuilles (SLW), l'index de succulence, Delta et WUE. Des variations du WUE se justifiaient principalement par des variations de la TDM plutôt que par des variations de l'absorption de l'eau ce qui indique la nécessité de se concentrer sur les WUE pour augmenter le rendement. Le Delta des échantillons de feuilles et des racines étaient en étroite corrélation ($r=0.90$, $p<0.05$) indiquant que le Delta feuille pourrait être suffisant pour différencier les géotypes. Les valeurs Delta des feuilles étaient en corrélation positive dans des conditions de bonne irrigation et d'irrigation limité ($r=0.77$, $p<0.01$). L'épaisseur des feuilles confirmée par le SLW a été en forte corrélation avec Delta ($r=-0.78$, $p<0.01$) ce qui suggère que le SLW pourrait être utilisé comme mesure de remplacement peu coûteuse pour éliminer les géotypes inférieurs dès les premiers stades des programmes de sélection. On a observé un lien négatif prévisible entre Delta et le WUE, bien qu'insignifiant. Une corrélation moindre entre Delta et le rendement indique des possibilités d'améliorer simultanément le rendement et Delta par hybridation. Les résultats indiquent que les échantillons de feuilles analysés pour Delta dans de bonnes conditions d'irrigation pourraient être suffisants pour différencier les géotypes de betterave sucrière pour Delta, qui a le potentiel d'être utilisé comme outil de sélection pour sélectionner les WUE en betterave sucrière. Toutefois, la corroboration de cette relation ne pourra être confirmée que par des études avec d'avantage de géotypes, qui sont d'ailleurs entreprises en ce moment.

Mots-clé : Betterave, WUE, Delta

KOHLENSTOFFISOTOP-DISKRIMINIERUNG UND TROCKENTOLERANZ BEI ZUCKERRÜBEN

Kurzfassung:

Sorten mit einer gesteigerten Wasser-Nutzungs-Effizienz (WNE), indirekt gemessen über eine Kohlenstoffisotopen-Diskriminierung (Delta), könnten bei gleichbleibenden Erträgen Wasser sparen. Jedoch wurde die WNE bei Zuckerrüben bisher nur wenig untersucht.

Die Ziele dieser Studie sind: 1) die genotypische Variation für das Delta, die WNE und die Trockenmasse-Akkumulation in Zuckerrüben unter guter und limitierter Wasserversorgung zu messen; 2) die Beziehung zwischen Delta und WNE sowie den Ertrag und sekundäre Eigenschaften zu testen und 3) mögliche Alternativmaße für Delta zu identifizieren. Unterschiedliche Zuckerrüben-Genotypen wurden im Feld geprüft, wo Trockenstreß durch Bedeckung mit einer großen Polyethylen-Folie induziert wurde. Es gab genotypische Unterschiede im Rübenenertrag, Gesamt-Trockenmasse (GTM), dem spezifischen Blattgewicht (SBG), dem Sukkulenz-Index, dem Delta und der WNE. Die Variation in der WNE war hauptsächlich bedingt durch eine Variation in der GTM und weniger durch eine Variation im Wasserverbrauch, was darauf hindeutet, dass die WNE ein Zuchtziel für die Ertragssteigerung sein könnte. Delta in Blatt- und Wurzelproben waren signifikant korreliert ($r=0.90$, $p<0.05$), was zeigt, dass das Blatt-Delta ausreicht um zwischen Genotypen zu differenzieren. Delta-Werte in Blättern bei guter und bei limitierter Wasserversorgung waren positiv korreliert ($r=0.77$, $p<0.01$). Die Blattdicke, bestimmt über das SBG, war signifikant mit dem Delta korreliert ($r=0,78$, $p<0,01$), was darauf hinweist, dass das SBG als kostengünstiges indirektes Merkmal zur Selektion gegen schwache Genotypen in frühen Generationen der Züchtung genutzt werden kann. Wie erwartet konnte eine negative Beziehung zwischen Delta und WNE beobachtet werden, die allerdings nicht signifikant war.

Eine schwache Korrelation zwischen Delta und Ertrag weist auf die Möglichkeit hin, durch Hybridisierung gleichzeitig Ertrag und Delta zu verbessern. Die Ergebnisse zeigen, dass es genügen könnte, Blattproben aus guter Wasserversorgung auf Delta zu untersuchen, um unterschiedliche Genotypen hinsichtlich Delta zu differenzieren, was eine Möglichkeit zur Selektion auf WNE bietet. Die Bestätigung dieser Beziehung benötigt allerdings weitere Untersuchungen mit einer größeren Anzahl von Genotypen. Dieses wird momentan verfolgt.

Stichwörter; Zuckerrübe, WNE, Delta