

P. PERATA¹,

S. POGGIOLINI,² A. POGGI³, P. MERIGGI² & C. RIBEYRE².

¹ Department of Agricultural Sciences, University of Modena and Reggio Emilia, Via Kennedy 17, Reggio Emilia, ITALY;

² Agronomica. s.r.l., Via S. Alberto 325, 48100 Ravenna (Italy).

³ Department of Crop Plant Biology, University of Pisa, Via Mariscoglio 34, Pisa, ITALY

ACCUMULATION OF SUCROSE IN ROOTS RELATED TO BEET CANOPY GROWTH IN NORTH EAST ITALY

Abstract (original)

Sugar yield is governed by the crop's ability to convert sunlight into an energy source within the plant. Once sugar beets have reached full soil cover, top growth should slow to a maintenance level at a leaf area index (LAI) of 3 to 4, which allows the crop to intercept all the light energy that is available. The longer beet plants can be kept healthy and in good conditions the greater will be their yield potential. The canopy must remain an efficient converter of sunlight for as long as possible.

Stress conditions such as leaf damage from diseases as well as nutritional or drought stress lead to massive leaf death with the reduction in photosynthetic activity of the primary leaf apparatus. Furthermore, the plant produces new leaves (regrowth), to compensate for the losses of leaf surface. Regrowth is considered to be at least in part responsible for late-season decreases of sugar content.

However, no advantage is gained by producing extra-luxuriant leaf growth. Excessive rates of nitrogen fertiliser or particular weather conditions can be counter-productive, diverting plant energy from the storage in the taproot, into a luxuriant top growth.

In 2002, a field trial was carried out to study the effects of different nitrogen rates (0, 90, 180 kg ha⁻¹ of N) and of water supply (rainfed and 100% water-deficit restoration) on the time-course of leaf growth and on crop yield and quality at Conselice (Ravenna), North-Eastern Italy.

LAI was monitored from to early October, by separating leaf growth in three classes of time-appearance: early, medium and late.

Both nitrogen and water supply strongly affected the total leaf area index. In irrigated plots with top N-rate, LAI scored above 4 throughout the season. Furthermore, the renewal of the leaf system was very fast and intensive, as proved by the extent of medium and late leaf formation and by the corresponding higher levels of LAI. In the check plots (rainfed and unfertilised), a more balanced leaf growth was observed, the LAI being very close to the suitable value of 3-4.

In terms of yield, the higher LAI of the irrigated and top-fertilised crop, did not led to significant increases of root yield but strongly affected sugar content, suggesting that a luxuriant top growth due at an intense renewal of the leaf system is detrimental to sucrose accumulation.

The physiological basis of this phenomenon is poorly understood. A reasonable hypothesis relates the sucrose-backflow to the production of new leaves that may require the translocation of sucrose (as energy source) from the root system. An experimental approaches are proposed and included experiments using molecular probes and enzymatic test markers of the source-sink status of the plant tissue.

Sucrose accumulation in sugar beet is the result of photosynthetic activity coupled to an efficient source-sink relationship between the leaves and the root system. The loading of sucrose in the phloem plays an important role in the physiology of sucrose accumulation in reserve tissues, and sucrose transporters play a crucial role in this process. We used a cDNA probe encoding the SUT1 sucrose transporter of *Beta vulgaris* to study the pattern of accumulation of BvSUT1 transcript in the leaves of beet plants under the growing conditions above describe. The results demonstrated that the age of the leaf influences its ability to export sucrose, assuming that SUT1 is crucial in this process. Young leaves likely behave like sink tissues, since they do not express SUT1. Further experiments will be carry out by the new National Institute Beta.

ACCUMULATION DE SACCHAROSE DANS LES RACINES EN RELATION AVEC LA CROISSANCE DU SYSTEME FOLIAIRE DE LA BETTERAVE SUCRIERE DANS LE NORD-EST DE L'ITALIE

Résumé

Le rendement en sucre brut dépend de la capacité de la culture à transformer la lumière incidente en source d'énergie à l'intérieur de la plante. Quand les betteraves ont atteint la couverture totale du sol, la croissance aérienne doit se stabiliser autour d'un niveau d'indice foliaire (LAI) de 3 à 4, qui permet à la culture d'intercepter toute l'énergie lumineuse disponible. Plus les plantes peuvent être maintenues saines et en bonnes conditions, plus le rendement potentiel est élevé. Le couvert foliaire doit rester un transformateur efficace de la lumière le plus longtemps possible.

Des dégâts foliaires dus à des maladies ou à un stress nutritionnel ou hydrique, provoquent une massive mortalité foliaire avec une réduction de l'activité photosynthétique de l'appareil foliaire primaire. De plus, la plante produit de nouvelles feuilles (repousse) pour compenser la perte de surface foliaire. La repousse foliaire est considérée comme un facteur au moins partiel de la baisse de la valeur de la richesse en fin de campagne.

Toutefois, la production d'un feuillage luxuriant ne présente pas d'intérêt. Une fertilisation azotée excessive ou des conditions climatiques particulières s'averent contre-productives, en détournant l'énergie de la plante de l'accumulation vers les racines, au profit d'une croissance aérienne luxuriante.

En 2002, un essai a été conduit pour étudier l'effet de différents niveaux de fertilisation azotée (0, 90, 180 kg ha⁻¹) et d'alimentation hydrique (non irrigué, et irrigué à 100% des besoins) sur la dynamique de la croissance foliaire et le rendement et la qualité, à Conselice (Ravenne), Nord- Est de l'Italie.

Le LAI a été mesuré depuis la mi-mai jusqu'à début octobre (fin de la campagne en Italie), en séparant la croissance foliaire en trois classes de dates d'apparition : précoce, intermédiaire, et tardive.

Autant la fertilisation azotée que l'apport d'eau ont fortement affecté le LAI total. Dans le traitement irrigué avec la fertilisation maximale, le LAI s'est maintenu constamment au-dessus de 4. De plus, le renouvellement du système foliaire a été très rapide et intense, comme le montrent les valeurs atteintes par les LAI correspondant aux formations foliaires intermédiaires et tardives. Dans le témoin (en sec et sans apport d'azote) une croissance foliaire plus équilibrée a été constatée, le LAI total restant proche des valeurs optimales de 3 à 4.

Concernant le rendement, le LAI plus élevé du traitement irrigué-azote maximal n'a pas provoqué d'augmentation significative du poids des racines, mais a fortement affecté la richesse, suggérant un scénario selon lequel une croissance aérienne luxuriante due à un intense renouvellement foliaire se fait au détriment de l'accumulation de saccharose.

Les fondements physiologiques de ce phénomène sont peu connus. On peut retenir comme hypothèse raisonnable, le flux inverse de saccharose pour la production de nouvelles feuilles qui peut nécessiter la translocation de saccharose (comme source d'énergie) à partir du système racinaire. Des approches expérimentales sont proposées, comportant l'utilisation de sondes moléculaires et de marqueurs enzymatiques de l'état des relations *source-sink* dans les tissus de la plante.

L'accumulation de saccharose dans la betterave est la résultante de l'activité photosynthétique associée à une bonne efficacité des relations *source-sink* entre les feuilles et la racine. Le transfert du saccharose dans le phloème joue un rôle important dans la physiologie de son accumulation dans les tissus de réserve, et les transporteurs de saccharose jouent un rôle crucial dans ce processus. Nous avons utilisé la sonde c-ADN codant le transporteur de saccharose SUT1 de *Beta vulgaris* afin d'étudier le modèle d'accumulation de BvSUT1 dans les feuilles de betteraves dans les conditions décrites ci-dessus. Les résultats ont montré que l'âge de la feuille influe sa capacité à exporter du saccharose, en admettant que SUT1 est essentiel dans ce processus. Les feuilles jeunes se comportent probablement comme des tissus *sink*, jusqu'à ce qu'elles n'expriment pas SUT1.

ZACCHAROSEAKKUMULATION IN DER WURZEL IN VERBINDUNG ZUM BLATTWACHSTUM IM NORD-OST ITALIENS

Kurfassung

Der Zuckerertrag wird durch die Fähigkeit der Pflanze bestimmt Sonnenlicht in eine Energiequelle innerhalb der Pflanze umzuwandeln. Nach Reihenschluss der Zuckerrüben sollte das Kopfwachstum sich verlangsamen bis zu einem Blattflächenindex von 3 bis 4 was der Pflanze ermöglicht die gesamte verfügbare Lichtenergiemenge aufzunehmen. Je länger Rübenpflanzen gesund und in guten Bedingungen angebaut werden können, je grösser ist das Ertragspotenzial. Das Blattwerk muß weiterhin ein effizienter Umwandler von Sonnenlicht bleiben.

Streßbedingungen wie Blattbeschädigungen von Krankheiten, sowohl als auch Pflanzenernährungs- oder Trockenstreß führen zu massivem Absterben der Blätter mit einer Verringerung der photosynthetischen Aktivität des primären Blattapparats. Darüberhinaus produziert die Pflanze neue Blätter (Nachwuchs) um die erlittenen Verluste an Blattfläche zu kompensieren. Nachwuchs wird zumindest teilweise als Grund der Verringerung des Zuckergehaltes in der Spätsaison angesehen.

Trotzdem wird kein Vorteil daraus gewonnen ein besonders starkes Blattwachstum zu fördern. Übermäßige Stickstoffraten oder besondere Wetterbedingungen können sich als konterproduktiv herausstellen und somit die Pflanzenenergie von der Hauptwurzeln ablenken und in zu starkes Kopf- und Blattwachstum leiten.

Im Jahre 2002 wurden Feldversuche durchgeführt mit dem Ziel den Einfluß von Stickstoffaufwandmengen (0, 90, 180 kg h⁻¹) zu untersuchen, sowie die Wasserversorgung (natürliche Niederschlag und 100% Kompensation des Wasserdefizits) auf die Entwicklung von Blattwachstum und Ertrag und Qualität zu untersuchen. Die Versuche wurden in Conselice (Ravenna) im Nord-Osten Italiens durchgeführt.

Der Blattflächenindex wurde bis Anfang Oktober gemessen in dem das Blattwachstum in drei Klassen unterteilt wurden: Früh-, Mittel-, und Spätwachstum.

Stickstoff als auch Wasserversorgung beeinflussen stark den gesamten Blattflächenindex. In berechneten Parzellen mit hoher N-düngung, wurde ein Blattflächenindex über vier während der gesamten Periode gemessen. Darüberhinaus war die Erneuerung des Blattwerkes sehr schnell und intensiv was durch die Bildung von Blättern in der mittleren und späten Wachstumsperiode sowie durch die erzielten höheren Blattflächenindizes zu sehen war. In den Kontrollparzellen (natürlicher Regenfall und ohne Düngung) wurde eine ausgewogeneres Blattwachstum beobachtet mit einem Blattflächenindex nahe der optimalen Werte von drei bis vier. Bezüglich des Ertrags, konnten höherer Blattflächenindex der berechneten und übergedüngten Parzellen keine signifikanten Erhöhungen des Rübenertrages erzielen, sie verringerten sogar den Zuckergehalt wodurch suggeriert wird daß ein zu starkes Kopf- und Blattwachstum durch intensives Erneuern des Blattwerkes der Saccharoseakkumulation abträglich ist.

Die physiologische Basis dieses Phenomens ist noch unklar. Eine vernünftige Hypothese besagt, daß der Saccharose-Rückfluß zur Erneuerung der Blätter ebenfalls die Translokation von Saccharose aus dem Wurzelsystem (als Energiequelle) benötigt. Experimentelle Ansätze werden vorgeschlagen und beinhaltet Versuche mit molekularen und enzymatischen Testmarkern des Pflanzengewebes.

Saccharoseakkumulation in Zuckerrüben ist das Resultat photosynthetischer Aktivität verbunden mit einer effizienten Relation zwischen Blatt- und Wurzelsystem.

Das Ablagern von Saccharose im Phloem spielt eine wichtige Rolle in der Physiologie der Saccharoseakkumulation in den Geweben und Saccharose Transporter spielen eine Schlüsselrolle in dem Prozess. Wir verwendeten eine c-DNA Sonde die den SUT-1 Saccharoseetransporter von Beta vulgaris codiert um somit das Muster der BvSUT1 Akkumulation in Rübenblättern, und unter den oben beschriebenen Anbaubedingungen, zu untersuchen. Die Resultate zeigten, daß das Alter der Blätter deren Fähigkeit zu Saccharoseexporten beeinflussen, unter Einnahme des SUT-1 eine wichtige Funktion in dieser Prozess spielt.

Weitere Versuche werden im neun nationalen Institut Beta durchgeführt.