

Untersuchungen zum Redoxpotential am Standort und zur Potentialdifferenz Boden/Pflanze als allgemeinem Vitalitätsmaß - 2. Mitteilung: Die Potentialdifferenz von Obstbäumen in der Winterphase

HERBERT KEPPEL, KARL PIEBER und FRANZ SOLAR

Universität für Bodenkultur
A-1180 Wien, Gregor-Mendel-Straße 33

Der Verlauf von Potenzialdifferenzen des Redox-Paares Boden/Obstbaum wurde während der Winterphase gemessen. Die Messungen erfolgten bei den drei Obstarten Apfel, Kirsche und Marille. Die ausgeprägteste Spannungsentwicklung zeigten ab Blattfall die Kirschbäume, die auf Grund ihrer allgemein hohen Vitalität stets eine kathodische Potenzialdifferenz aufweisen. Großkronige Apfelbäume der Sorte Stark Earliest hatten eine sehr gleichmäßige Spannung und verfügten deshalb auch noch zu Frühjahrsbeginn über genügend Energie, um zusätzliches Potenzial aufzubauen. Bei den Bäumen der Sorte Golden Delicious (Erziehungssystem: Zweiastr-Hecke) waren die Potenzialdifferenzen unterschiedlich, wobei einzelne Bäume sogar zeitweilig vom Kathoden- in den Anodenzustand wechselten. Alle Individuen bauten aber zu Frühlingsbeginn dasselbe Potenzial wie der großkronige Baum auf. Die Marillenbäume hielten bis Jahresende einen ähnlich konstanten Spannungszustand wie der großkronige Stark Earliest. Ab Anfang Jänner fiel der Kathodenzustand der Marille, sodass sie im Spätwinter in den Anodenzustand wechselte. Auf Grund des milden Winters 1995/96 erreichten die untersuchten Bäume generell nicht den Zustand einer echten Winterruhe.

Investigations into the redox potential at the location and the potential difference soil/plant as a general measure for vitality - 2nd report: The potential difference of fruit trees during the winter phase. *The course of potential differences of the redox-pair soil and fruit tree during the winter phase was measured with trees of the species apple, cherry, and apricot. The most distinctive development of the electric tension potential was found with cherries from the period of leaf fall on. Due to their vitality cherry trees always have a cathodic potential difference. Big-crowned apple trees of the cultivar Stark Earliest showed a very constant tension and therefore still had sufficient energy in spring to develop an additional potential. With trees of the cultivar Golden Delicious (training system: two-branch-hedge) potential differences varied, individual trees even temporarily changing between cathodic and anodic states. Each tree, however, developed the same potential as the big-crowned tree in spring. Similar to Stark Earliest the apricot trees kept a constant tension until the end of the year. From January on the cathodic state of the apricot trees decreased, in late winter they changed into an anodic state. Because of the mild winter of 1995/96 the trees investigated did not reach the stage of a real dormancy.*

Investigations concernant le potentiel redox de l'habitat et la différence de potentiel sol/plante en tant que mesure de vitalité générale – 2: La différence de potentiel des arbres fruitiers pendant la phase hivernale. *Le développement des différences de potentiel de la paire redox sol/arbre fruitier a été mesuré pendant la phase hivernale. Les mesures ont été effectuées pour les trois fruits pomme, cerise et abricot. À partir du moment de la chute des feuilles, le développement le plus prononcé de la tension a été constaté chez les cerisiers qui, grâce à leur vitalité généralement élevée, présentent toujours une différence de potentiel cathodique. Les pommiers à grande cime de la variété Stark Earliest présentaient une tension très uniforme et, de ce fait, disposaient d'une énergie suffisante au début du printemps pour constituer un potentiel supplémentaire. Quant aux arbres de la variété Golden Delicious (système de*

formation : haie à deux branches), les différences de potentiel variaient, des arbres individuels passant même parfois de l'état cathodique à l'état anodique. Au début du printemps, tous les individus ont cependant constitué le même potentiel que l'arbre à grande cime. Jusqu'à la fin de l'année, les abricotiers ont gardé un état de tension constant semblable à celui du Stark Earliest à grande cime. À partir du début de janvier, l'état cathodique de l'abricot a baissé de telle sorte qu'il est passé à l'état anodique à la fin de l'hiver. En raison de l'hiver doux 1995/1996, les arbres examinés n'ont généralement pas atteint l'état d'un repos hivernal véritable.

Diese Arbeit stellt eine Fortsetzung einer neuen Forschungsrichtung, die bei Fruchtsäften bereits wissenschaftlich erprobt wurde, dar (1). Die Vorstellung der Methodik und Thematik ist in (2) dargestellt.

Dieser Teil der Versuche bezieht sich auf die Messungen in der Winterphase.

Der winterliche Zustand der untersuchten Baumarten und Baumindividuen war im milden Winter 1995/96 nicht der Zustand der winterlichen Ruhe, sondern der winterlichen Unruhe. Die Bäume verfielen weder in einen Zustand der Potenzialerschaffung, noch in einen Zustand konstanter Potenzialdifferenzen gegenüber ihrem Redoxpartner Boden. Die Bäume reagierten vielmehr auf alle Änderungen der Zustandsbedingungen entweder durch Spannungsauf- oder Spannungsabbau. Die Phasen des winterlichen Spannungsaufbaus sind das Resultat der Mobilisierung von Speicherstoffen. Bei periodisch wiederkehrendem Aufbau ohne nachfolgenden Austrieb kommt es zu Erschlaffungs Zuständen, die artspezifisch und individuell verschieden ausfallen. Die Potenzialdifferenz des Redoxpaares Boden/Pflanze ist ein Kennwert, der den Stoff- und Energieumsatz am Standort in der Wechselbeziehung Boden/Pflanze summativ zum Ausdruck bringt (3, 4). In einer vorangehenden Arbeit (3) wurde der Vitalitätszustand von drei Obstarten anhand der Potenzialdifferenz Boden/Pflanze beschrieben; der beschriebene Vitalitätszustand bezog sich auf die spätsommerliche/frühherbstliche Vegetationsphase. In dieser Arbeit wird der Redoxzustand derselben drei Baumarten in der Phase der Winterruhe untersucht.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an den drei Obstarten Apfel, Kirsche und Marille durchgeführt. Bei der Kirsche und der Marille handelte es sich um zwei großkronige Bäume; die Verhältnisse beim Apfel wurden anhand eines großkronigen Baumes (Sorte: *Stark Earliest*) und anhand von fünf Bäumen in Zweiastr-Hecken-Erziehung auf *M7* (Sorte: *Golden Delicious*) studiert. Alle Bäume stammen aus einem Privatbetrieb nahe Graz. Sie stocken auf einem umgelagerten, pseudovergleyten

und nährstoffreichen Braunlehm in Gebirgsrandlage der planaren Höhenstufe. Gemessen wurde nach der Einpunktmethode. Der Messpunkt befand sich am Baumstamm rund 40 cm über Grund (Einstichtiefe: 1 cm), Bezugspunkt war die Bodenkrume (Tiefe: 8 cm). Der Messzeitraum umfasste die Monate des Winterhalbjahres 1995 bis März 1996 (3).

Ergebnisse

Der Begriff Winterruhe und der winterliche Spannungszustand der Bäume

Der Begriff Winterruhe impliziert Erschlaffungs Zustände der Potenzialdifferenz Baum/Boden. In warmen Wintern, vor allem in bodenfrostfreien Wintern wie beispielsweise 1995/96, stellt sich ein solcher Zustand allerdings nicht ein. Das Redoxpaar Baum/Pflanze hatte im Winter 1995/96 vielmehr teils extreme Potenzialdifferenzen mit ausgeprägten zeitlichen Ganglinien als Temperaturfunktionen entwickelt. Die Spanne der Potenzialdifferenzen (ε , mV) umfasste Werte von $\varepsilon = +515$ bis 0 beziehungsweise $\varepsilon = +98$ bis +450. Die Bäume fungierten wie im Sommer die überwiegende Zeit als Kathoden ($-\varepsilon$), z. T. aber auch als Anoden ($+\varepsilon$). Der winterliche Kathodenzustand bedeutet die Mobilisierung eingelagerter Speicherstoffe als Folge von Wärme-Impulsen aus der Atmosphäre und aus dem Boden. Der winterliche Anodenzustand der Bäume bedeutet oxidischen Stoffumsatz im Boden, der durch bauminternen Stoffabbau nicht kompensiert worden war. Anodische Baumzustände waren das Ergebnis positiver Bodentemperatur in Verbindung mit niedrigeren Atmosphärentemperaturen.

Der Spannungszustand verschiedener Baumarten in der Winterphase

Die bei den drei Baumarten Kirsche, Apfel und Marille während der Winterphase auftretenden Spannungszustände entsprachen folgender Reihung: Kirsche, Apfel, Marille. Diese Abstufung war ebenso im Sommer aufgetreten. Kirsche, Apfel und Marille reagierten demge-

mäß auch im Winter auf die temperaturgesteuerten Stoffumsetzungen im Boden mit ihrer arteigenen Intensität.

Zu Ende der Vegetationsperiode lagen Apfel und Marille auf relativ niedrigem Potenzialniveau ($\epsilon = -42$ bis -51), bauten aber ihren Spannungszustand bis Ende Oktober kontinuierlich auf ($\epsilon = -97$ bis -66). Die Kirsche hingegen begann und beendete den Oktober mit deutlich bzw. knapp negativeren Werten als der Apfel und die Marille. Weiters reagierte die Kirsche auf den Temperaturanstieg Mitte Oktober mit extremer Dessimilation bzw. durch extremen Potenzialaufbau ($\epsilon_{\max.} = -515$). Die Kirsche dokumentiert mit diesem Verhalten ihre extreme Austriebsbereitschaft bereits Mitte Oktober.

Ab November änderten sich die Bedingungen einschneidend, die Luft wurde sprunghaft kälter, die Temperaturen sanken ab der dritten Novemberwoche unter 0°C , während die Bodentemperaturen im positiven Bereich verblieben und bis Ende Dezember von ca. 6°C auf ca. 2°C abfielen. Das bedeutete eine Einschränkung der Stoffmobilisierung auf der Baumseite und das Anhalten von Stoffumsetzungen auf der Bodenseite. Dies äußerte sich zunächst in einem Nachlassen des Spannungszustandes der Bäume bis in die erste Dezemberwoche. Ab diesem Zeitpunkt pendelten sich die Potentiale aller drei Baumarten bis Ende Dezember auf nahezu gleichem Niveau ein ($\epsilon = -148$ bis $\epsilon = -161$). Den stärksten Spannungsverlust Anfang Dezember hatte die Kirsche hinzunehmen ($\epsilon = +450$); dieser extreme Spannungsverlust war offenkundig die Folge des extremen Spannungsaufbaus Mitte Oktober.

Ab Ende Dezember bis Mitte Jänner bauten alle drei großkronigen Arten ihren Spannungszustand ab. Der Apfel stabilisierte sich bis Mitte März auf mittlerem Kathoden-Niveau ($\epsilon = 33$ bis -76); zwischendurch verursachte der erste verstärkte Temperaturanstieg im Boden einen kurzfristigen Potenzialaufbau ($\epsilon = -147$) in der zweiten Februarwoche. Der Spannungsabbau der Kirsche verlief nicht so kontinuierlich wie beim Apfel, sondern in aufeinander folgenden Sprüngen von Spannungsaufbau und Spannungsabbau. Jeder Aufbau war offenkundig eine Erwartungsreaktion der seit Oktober anhaltenden Austriebsbereitschaft. Ab Mitte Februar baute die Kirsche ihren Spannungszustand kontinuierlich ab ($\epsilon = -108$ bis -34). Jeder Spannungsabbau bedeutet das Erschlaffen auf Grund des folgenden Temperaturrückganges der Luft. Die Marille verlor ihre Spannung bis Mitte März sprunghaft, reagierte aber in der zweiten Februarwoche auf die plötzliche Bodenerwär-

mung durch kurzfristigen Spannungsaufbau ($\epsilon = -79$). Danach fiel der Spannungszustand der Marille in einen erschlafften Anodenzustand bis Mitte März ($\epsilon = +125$); dann wechselte sie zu einem schwach ausgeprägten Kathodenzustand ($\epsilon = -20$).

Der Spannungszustand von Apfelbäumen der Sorte *Golden Delicious* in Heckenerziehung

Bei Apfelbäumen der Sorte *Golden Delicious* in Heckenerziehung konnte ebenso wie bei großkronigen Bäumen der Sorte *Stark Earliest* ein Spannungsaufbau in der Laubfallphase festgestellt werden. Dieser Spannungsaufbau vollzog sich aber nicht kontinuierlich wie beim großkronigen Baum, sondern individuell-diskontinuierlich. Die individuellen Potentiale umfassten zu Oktoberbeginn eine relativ breite Spannung ($\epsilon = -3$ bis -104 , $\epsilon_s = 39 \pm 31$) und stabilisierten sich zu Oktoberende mit geringer Variabilität ($\epsilon = -16$ bis -79 ; $\epsilon_s = -59 \pm 35$). In der Zwischenzeit konnten jedoch größere individuelle Spannungsunterschiede festgestellt werden, wobei bis um den 20. Oktober große Spannbreiten gemessen wurden ($\epsilon = -25$ bis -113 , $\epsilon_s = -56 \pm 35$). Das Zusammenrücken der Spannungswerte Ende Oktober war das Ergebnis der fortlaufend abfallenden Temperaturen und Spannungsspanne unter den Individuen zu diesem Zeitpunkt ein Ausdruck der genetischen Veranlagung. Die individuell uneinheitliche Spannungsentwicklung in der Laubfallphase erscheint durch lagebedingt unterschiedlich noch anhaltende Stoffumsätze im Boden bedingt.

Ab Mitte November setzte der winterliche Ruhezustand der Bäume ein. Noch bis Mitte November deroutierten die um 7°C liegenden Bodentemperaturen die einheitliche Spannungsentwicklung der Bäume. Diese Deroutierung führte sogar zum Zustandswechsel von einzelnen Bäumen aus dem Kathoden- in den Anodenzustand ($\epsilon = -31$ bis $+36$). Mit dem Abfallen der Bodentemperatur ab Mitte November bis Ende Dezember erfolgte ein Zusammenrücken der individuellen Spannungswerte. Ende Dezember lagen die Spannungswerte bei *Golden Delicious* ($\epsilon_s = -62 \pm 39$) und beim großkronigen *Stark Earliest* ($\epsilon = -59$) im gleichen Potenzialbereich.

Der Hochwinter war mild und brachte einen mehrfachen Wechsel milder und etwas weniger milder Phasen. Die Bäume der Sorte *Golden Delicious* bauten in den Erwärmungsphasen Spannung ab und in den Abkühlphasen Spannung auf. Der Spannungsaufbau und -abbau erfolgten bei allen Individuen gleichförmig, je-

doch in beträchtlichen Spannbreiten ($D_{\epsilon_{\max.}} = 174$). Auf diese Weise verloren alle Individuen zwischen Ende Dezember und Mitte Jänner an Spannung ($\epsilon_s = -62 \pm 39$ bis -41 ± 43); dabei wechselten einzelne Bäume sogar in den Anodenzustand ($\epsilon_s = +112 \pm 97$). Anfang Februar waren alle Individuen nahezu spannungsfrei ($\epsilon_s = -11 \pm 11$). Um die Februarmitte ($\epsilon_s = -59 \pm 36$) und gegen Februarende ($\epsilon_s = -49 \pm 58$) wurde bei sinkenden Temperaturen in den Bäumen wieder Spannung aufgebaut; zwischendurch erschlafften die Bäume aber, sodass einzelne Bäume in den Anodenzustand wechselten ($\epsilon_s = -22 \pm 32$). In diesen Perioden reagierten die Bäume der Sorte *Golden Delicious* in Heckenerziehung viel empfindlicher auf die Umweltbedingungen als der großkronige *Stark Earliest*. Im Vorfrühling kam es zu einem fortlaufenden Aufbau der Bodentemperatur und zu periodischem Auf- und Abbau des Baumpotenzials. Zum Potenzialaufbau waren nur jene Individuen befähigt, die auf noch nicht aktivierten Mikrostandorten stocken. Nach Frühlingsbeginn hatten alle Individuen einen annähernd gleich hohen Spannungszustand aufgebaut ($\epsilon_s = -141 \pm 37$).

Literatur

- (1) KEPPEL, H. Ermittlung elektrochemischer Parameter in Apfelsaft, Zusammenhänge zwischen Potenzialdifferenz und Vitalität von Obstbäumen am gleichen Standort. Mitt. Klosterneuburg 47: 56-58
- (2) KEPPEL, H., PIEBER, K. und SOLAR, F. 1997. Untersuchung zum Redoxpotenzial am Standort und zur Potenzialdifferenz Boden/Pflanze als allgemeines Vitalitätsmaß. 1. Mitt.: Zusammenhänge zwischen Potenzialdifferenz und Vitalität von Obstbäumen am gleichen Standort. Mitt. Klosterneuburg 47: 205-210
- (3) KEPPEL, H. Abstimmung verschiedener Düngearten anhand des P-Wertes. In: Vom Lebendigen in Lebensmitteln / Ökologische Konzepte, 92. Stiftung Ökologie & Landbau (SÖL). – Bad Türkheim: Holm, 1997
- (4) KEPPEL, H. Von der Rebuterlage bis zum Produkt – elektrochemische Parameter geben Auskunft. In: Vom Lebendigen in Lebensmitteln / Ökologische Konzepte, 92. Stiftung Ökologie & Landbau (SÖL). ü Bad Türkheim: Holm, 1997

Manuskript eingelangt am 20. November 1998