Foto: N. Contran, WSL

Messung der Fotosynthese an Blättern von Flaumeiche

Die Eiche im Umweltwandel (Teil 3): physiologische Prozesse

Die Eiche ist robust

Die Eidg. Forschungsanstalt WSL hat von 2006 bis 2012 in ihrem Querco-Experiment das Verhalten von jungen Eichen unter veränderten Umweltbedingungen erforscht. Ziel dieses breit angelegten Experimentes war es, die Auswirkungen von Trockenheit und erhöhter Lufttemperatur auf Mikroklima, Boden und Bäume zu untersuchen. Rund 770 Jungeichen wurden in Modellökosystemen während dreier Jahre beobachtet und vermessen. Die Resultate dieses Forschungsvorhabens werden nun der Forstpraxis in einer 3-teiligen Artikelfolge vorgestellt. Dieser dritte Artikel ist den physiologischen Prozessen gewidmet, welche im Hintergrund – vom Auge nicht wahrnehmbar – für die Entwicklung der Pflanze sorgen. Die Forschungsresultate werden im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Forstpraxis diskutiert und kommentiert.

Von Patrick Bonfils, Matthias Arend, Thomas Kuster, Pascal Junod und Madeleine S. Günthardt-Goerg.

Zweijährige Jungeichen von je vier einheimischen Provenienzen der Stiel-, Trauben- und Flaumeiche (eine Herkunft aus Italien) wurden von 2007 bis 2009 in der Modellökosystemanlage der Eidg. Forschungsanstalt WSL in Birmensdorf (ZH) vier verschiedenen Klimabehandlungen ausgesetzt: *Lufterwärmung, Trockenheit,* einer *Kombination* aus diesen beiden Behandlungen und einer *Kontrolle* ohne Klimamodifikation. In der ersten Folge dieser Artikelserie («WALD und HOLZ», Februar 2013) wurden quantitativ messbare Wachstumsphänomene (Höhe, Durchmesser, Biomasse) vorgestellt; qualitative Aspekte wie Blattform, Blattschädigung, Holzaufbau und Fragen zu den Bodeneigenschaften wurden in Artikel 2 diskutiert («W+H», März 2013). Mit der dritten Folge werden wichtige physiologische Prozesse unter die Lupe genommen.

Die Pflanzenphysiologie beschäftigt sich mit den Lebensvorgängen einer Pflanze und dabei sehr oft mit (bio)chemischen Prozessen, welche wesentlich für ihr Gedeihen sind. Absolut zentral ist in der Pflanzenwelt natürlich die *Fotosynthese*. Aber auch das *Wachstum*, die *Differenzierung* von Organen, die *Reaktionen* auf Umweltreize, *Stofftransporte* u.v.m. sind

Foto T. Menard, WSL

Abb. 1: Wirkung der Klimabehandlungen auf die Fotosynthese bei der Traubeneiche (Grafik abgeändert aus [1]). Eine wichtige Rolle bei der Bewältigung der Trockenheit spielen die Spaltöffnungen auf der Blattunterseite (Foto oben). Bei grosser Trockenheit werden sie geschlossen, um den Wasserverlust durch Verdunstung zu minimieren. Damit wird aber auch die Leistung der Fotosynthese vermindert.

Themen, mit denen sich die Pflanzenphysiologie auseinandersetzt. Im vorliegenden Artikel greifen wir drei wichtige Aspekte aus den verschiedenen Untersuchungen des Querco-Experimentes heraus: die Analyse der *Fotosynthese,* die Bildung von *Kohlenhydraten* und die Aufnahme von *Stickstoff* (s. dazu auch Abb. 2).

Fotosyntheseleistung passt sich an

Bei der Fotosynthese werden in den Blättern mithilfe von Lichtenergie Kohlendioxid (CO_2) und Wasser (ww) in Kohlenhydrate (vor allem Zucker und Stärke) umgewandelt. Aus anorganischen Stoffen wird also eine von der Pflanze nutzbare, organische Substanz hergestellt. Die Fotosynthese ist der wichtigste biochemische Prozess unseres Planeten überhaupt. Die Pflanzen sichern damit nämlich das eigene Überleben, und sie dienen ihrerseits als Energielieferanten für andere Lebensformen, welche keine eigene Fotosynthese betreiben können. Verständlich also, dass sich die Forscher an der WSL mit den Fotosyntheseleistungen der untersuchten Eichen befasst haben [1].

Nach drei Jahren Querco-Experiment konnte Folgendes festgestellt werden. Die *erhöhte Lufttemperatur* führte zu einer saisonal erhöhten Fotosynthese im Hoch- und Spätsommer, und zwar bei allen drei Eichenarten in ähnlicher Weise (s. Beispiel der Traubeneiche in Abb. 1). Die Unterbrechung der Beregnung in den Trockenbehandlungen (*Trockenheit* und *Kombination* aus Trockenheit und Lufterwärmung) hatte ein Absinken des Bodenwassergehaltes zur Folge (s. Artikel 2, [8]), was gegen Ende der Trockenperiode zu einem sehr starken Rückgang der Fotosynthese führte (Abb. 1). Dieser Einbruch ist auf das «bewusste» Schliessen der Spaltöffnungen (Stomata) auf der Unterseite der Eichenblätter zurückzuführen, was dem unkontrollierten Wasserverlust durch Verdunstung vorbeugt (Austrocknen der Blätter bzw. der Pflanze). Gleichzeitig wird damit aber auch die CO_2-Aufnahme und damit die Fotosynthese gehemmt. Bei der Untersuchung der Flaumeiche konnte beobachtet werden, wie sich die Spaltöffnungen bei Lufterwärmung stärker öffneten [2], während Trockenheit – wie oben beschrieben – zu ihrem Verschluss führte.

Aufschlussreich war die Reaktion der trockengestressten Eiche nach der Wiederinbetriebnahme der Bewässerung. Unabhängig vom Bodenwassergehalt, der sich erst allmählich erholte, gelang es den Bäumen sehr schnell, ihre Fotosynthese wieder in Gang zu bringen (s. Abb. 1). Dies wird mit einem dichten Feinwurzelwerk an der Bodenoberfläche erklärt, welches offensichtlich in der Lage ist, das Niederschlagswasser in den oberen Bodenschichten sofort aufzunehmen. So stieg die Fotosynthese dieser Eichen innerhalb kurzer Zeit wieder auf das Niveau der Kontrollbehandlung, was darauf hindeutet, dass ihr Fotosyntheseapparat auch unter Trockenheit voll funktionsfähig blieb. Einzig die Stieleiche zeigte eine verzögerte Erholung; sie kam bei der zweiten Trockenperiode im August nicht mehr auf das Niveau der Kontrollbehandlung. Dieses Verhalten konnte auch bei der kombinierten Behandlung mit erhöhter Temperatur beobachtet werden [1]. Die Messungen im Querco-Experiment zeigen, dass die Blätter der Stieleiche bei Trockenheit weniger Chlorophyll (Blattgrün) enthalten als diejenigen von Trauben- und Flaumeiche. Dies mag auch eine Erklärung für die festgestellte geringere Fotosyntheseleistung dieser Eichenart sein.

Energiehaushalt gesichert

Kohlenhydrate, die Produkte der Fotosynthese, dienen als *Energieträger* (Zucker), *Speicherstoff* (Stärke) oder *Stütz- und Gerüstsubstanz* (z.B. Zellulose). Die Herstellung von Zuckern und Stärke, welche für die Energieversorgung der Pflanze wesentlich sind, kann durch Wassermangel eingeschränkt werden [2]. Da die Pflanzen für ihren eigenen Energiehaushalt, in Abhängigkeit von der Temperatur, ca. 30% der gebildeten Kohlenhydrate gleich selber wieder veratmen, wollten die Forscher an der WSL überprüfen, ob Temperaturerhöhungen und Trockenstress einen Einfluss auf die Kohlenhydratebilanz der Jungeichen hatten. Dazu wurde die Stieleiche (eher empfindlich gegenüber Trockenheit) mit der Traubeneiche (eher tolerant gegenüber Trockenheit) verglichen [3]. Die Untersuchung des Kohlenhydratgehalts von

Blättern beider Arten ergab bei der *Temperaturerhöhung* keine signifikante Abweichung zur Kontrolle. Die Trockenperioden führten hingegen zu einer Erhöhung des Anteils löslicher Zuckerverbindungen. Diese Reaktion wurde auch schon in anderen Untersuchungen beobachtet und wird mit dem Bestreben der Pflanze erklärt, die Zellfunktionen bei Trockenstress zu erhalten (Zelldruckregulation). Verblüfft hat die Forscher hingegen, dass keinerlei Unterschiede im Verhalten der verschiedene Provenienzen und Eichenarten festgestellt werden konnten.

Stickstoff – nicht limitierend!

Stickstoff ist ein wichtiges Bauelement von Lebewesen, das insbesondere für die Bildung von Eiweissstoffen und der Erbsubstanz benötigt wird. Stickstoff findet sich zwar in grossen Mengen in der Luft (N_2), wird aber von den Pflanzen zu mehr als 90% über den Boden und das Wurzelwerk in Form von Nitrat und Ammonium aufgenommen. Diese beiden Stickstoffverbindungen werden von Bodenorganismen hergestellt (Pilze, Bakterien), welche in der Lage sind, organische Materie (z.B. Laub) zu zersetzen. Stickstoff ist derjenige Pflanzennährstoff, der unter natürlichen Bedingungen oft limitierend auf das Pflanzenwachstum wirkt [4]. Als Baustein von Chlorophyll ist er z.B. indirekt an der Fotosynthese beteiligt. Zudem ist er in wichtigen pflanzlichen Enzymen enthalten und fördert die Bildung von Stoffen, die an Wachstumsprozessen von Spross und Wurzel beteiligt sind. Aus der Landwirtschaft ist bekannt, dass Stickstoffmangel die Blattbildung beeinträchtigt (kleine, blasse Blätter) und die Fotosyntheseleistung beeinträchtigt. Die Pflanzen sind zudem deutlich anfälliger auf Trockenstress. Es war also naheliegend, sich auch im Querco-Experiment mit dem Stickstoff in Pflanze und Boden auseinanderzusetzen [5]. Die Resultate der Analysen haben dann Ende 2009 selbst die Wissenschaftler überrascht. Trotz einer durch die Trockenbehandlungen reduzierten Aktivität von Bodenbakterien konnten keine Effekte auf die Verfügbarkeit von Ammonium (NH_4^+) und Nitrat (NO_3^-) im Boden festgestellt werden. Auch in der Biomasse der Bäume hat die Stickstoffkonzentration trotz Trockenbehandlung nicht abgenommen. Diese Tatsachen sprechen also dafür, dass Stickstoff im Querco-Experiment kein limitierender Faktor für das Wachstum während der Trockenperioden war.

Abb. 2: Ohne organische Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen ist kein pflanzliches Leben vorstellbar; ebenso wenig wie ohne Fotosynthese. Diese drei Elemente wurden im Querco-Experiment untersucht, um die Funktionstüchtigkeit wichtiger physiologischer Prozesse bei der Eiche zu prüfen.

Folgerungen

Lebenswichtige Prozesse wie die Fotosynthese bleiben auch bei starker Trockenheit intakt und erlauben den Eichen nach Abschluss der Störung eine rasche Erholung und ein Zurück zum Normalzustand. Damit ist auch die Synthese der so wichtigen Kohlenhydrate sichergestellt, welche wiederum ohne die geregelte Stickstoffassimilation über das Wurzelsystem nicht in diesem Mass normal vonstattenginge. Die Untersuchungen im Querco-Experiment zeigen damit, dass das «biologische System» der Eiche mit klimatischen Extremereignissen wie etwa Trockenheit – auch in Kombination mit Lufterwärmung – gut umgehen kann. Dabei konnten aber artspezifische Unterschiede festgestellt werden, etwa dass die Stieleiche etwas empfindlicher auf Trockenheit reagiert als die Trauben- und Flaumeichen.

Schlussbetrachtung – Praxis und Forschung kommentieren die Resultate des Querco-Experimentes

Das Querco-Experiment hat während dreier Jahre (2007–2009) einen Einblick in die Entwicklung von 2- bis 5-jährigen Eichen unter veränderten Umwelt- und Klimabedingungen erlaubt. Zum Abschluss sollen die in dieser Artikelserie vorgestellten Resultate zusammengefasst und ihre Bedeutung für die Umsetzung einer übergeordneten «Eichenstrategie» [6] abgeschätzt werden.

Die Resultate aus dem Querco-Experiment zeigen bei der Eiche:

- eine grosse Variabilität in den Wuchsreaktionen innerhalb der Arten und der Herkünfte, und zwar sowohl mit wie ohne Umweltänderungen. Es konnte eine grosse Plastizität in Wuchs, Form und Verhalten bei sich ändernden Umweltbedingungen festgestellt werden;
- ein grosse physiologische Stabilität in Stresssituationen (z.B. Fotosyntheseapparat);
- eine schnelle Erholung nach Störungen (Trockenheit);
- ein art-, aber auch herkunftsspezifisches Verhaltensmuster.

Diese Eigenschaften weisen darauf hin, dass die Eiche tatsächlich gute Voraussetzungen dafür mitbringt, sich an höhere Temperaturen und Trockenstress anzupassen. Zu beachten bleibt dabei aber der unterschiedliche Charakter der drei untersuchten Eichenarten. Im Querco-Experiment haben sich Traubeneiche und Flaumeiche sehr ähnlich verhalten und bei Trockenheit eine gegenüber der Stieleiche überlegene Fotosyntheseleistung gezeigt. Bei normaler Bewässerung wiesen hingegen die jungen Stieleichen ein weit überlegenes Wachstum auf, was – gerade bei erhöhter Lufttemperatur – auch mit ihrer ausgeprägten Neigung zur Johannistriebbildung zusammenhängt.

Im Gespräch mit der Praxis

Pascal Junod (PJ) ist Leiter der *Fachstelle Waldbau* am Bildungszentrum Wald in Lyss und bewirtschaftet als Kreisförster im Kanton Neuenburg zahlreiche Eichenwälder. Über das Querco-Experiment hat *Patrick Bonfils (BO)* mit ihm diskutiert (Fortsetzung des Gesprächs aus dem ersten und zweiten Artikel der Serie).

BO: Welche Rolle könnte die Stieleiche mit ihrem ungestümen Wuchstemperament und ihrer grossen Plastizität im schweizerischen Waldbau spielen (s. auch Artikel 2)? Dies auch im Vergleich zur Traubeneiche?
PJ: Es stimmt, dass die Stieleiche über ein ungestümeres Temperament verfügt als ihre Artgenossinnen; sie wächst schneller und fruktifiziert regelmässiger (das lateinische «robur» steht ja auch für *Kraft!*). Dennoch ist sie nicht die «Eiche für alle Fälle»! Ihre Plastizität kommt an ihre Grenzen, sobald die Wasserversorgung im Boden oder die Lichtzufuhr abnehmen. Zudem reagiert sie sehr sensibel auf Konkurrenz und erträgt keinen Dichtstand. Das Erkennen der Eichenarten und die Kenntnisse über ihre ökologischen Ansprüche haben in der Vergangenheit (und z.T. auch heute noch) zu einer Reihe von waldbaulichen Fehleinschätzungen geführt. Die Eichenwirtschaft ist in der Jugend mit hohen Investitionen verbunden. Die falsche Artenwahl kommt den Bewirtschafter langfristig teuer zu stehen und führt zu finanziellen und beruflichen Frustrationen. Die korrekte Wahl der Eichenart in Abhängigkeit vom Standort ist zentral. In der Schweiz ist die Stieleiche vor allem im Mitteland und dort nur auf nährstoffreichen, tiefgründigen und gut wasserversorgten Böden zu fördern. Die waldbauliche Behandlung unterscheidet sich von derjenigen für die Traubeneiche. Es empfiehlt sich ein dynamischerer Waldbau mit vorzeitigen, häufigen und energischen Durchforstungseingriffen. Dabei werden höchstens 50 bis 60 kräftige Bäumen pro Hektar bestimmt, deren Stämme – für die Produktion von Qualitätsholz – mit einem Nebenbestand einzupacken sind.

BO: Die Flaumeiche hat einerseits gute Wuchsleistungen erbracht – teilweise lagen diese höher als bei der Traubeneiche (s. Artikel 1) – und anderseits auch die erwartete Trockentoleranz gezeigt. Wie könnte dieses Potenzial in einer zukünftigen Eichenstrategie Schweiz genutzt werden?
PJ: Wenn man sieht, wie die Flaumeiche im Wallis die Waldföhre verdrängt, erscheint es für den Waldbau von besonderem Interesse, die Ausbreitung dieser Eichenart über die trockenen Standorte hinaus – auf die sie bisher beschränkt schien – zu beobachten. Die Stiel-, Trauben- und Flaumeichen sind genetisch nicht vollständig voneinander getrennt. Das kleinräumliche Ineinandergreifen ihrer Standorte unterstützt in der Schweiz den artübergreifenden Genaustausch. Im Hinblick auf die Bewältigung der klimatischen Herausforderungen der Zukunft erscheint dies als vorteilhaft. Der Genaustausch innerhalb der Gattungsgrenzen kann als Mechanismus zur Erhaltung und Förderung der genetischen Vielfalt verstanden werden und bietet beste Voraussetzungen für die evolutive Weiterentwicklung der einheimischen Eichenarten. Bevor wegen der Klimaproblematik auf exotische Eichen zurückgegriffen wird (wie dies bereits vorgeschlagen wurde), sollte also zuerst das Potenzial des lokal vorhandenen Genpools genutzt werden. Auf potenziell sommertrockenen Standorten könnte ich mir zum Beispiel die Beimischung von Flaumeiche in einen Traubeneichenbestand durchaus vorstellen. Bei einer zukünftigen Naturverjüngung würde dann ein allfälliger Gentransfer die Anzahl möglicher Genotypen erhöhen und damit die Anpassungsfähigkeit der Population steigern.

BO: Pascal, ich möchte Dir zum Abschluss dieser Artikelserie für dieses Gespräch und die konstruktive Diskussion ganz herzlich danken und überlasse Dir eine letzte Bemerkung zu den dargestellten Resultaten des Querco-Experimentes.
PJ: Ich möchte zum Schluss noch auf einen wichtigen Punkt hinweisen, der in diesem dritten Artikel – fast nebenbei – noch erwähnt wurde. Die WSL-Forscher haben von der grossen Bedeutung der Feinwurzeln im oberen Bodenbereich gesprochen, welche die schnelle Wiederaufnahme der Fotosynthese und damit die schnelle Erholung der Eichen nach den Trockenperioden ermöglichen. Dieses Beispiel zeigt einmal mehr die grosse Bedeutung des Bodenschutzes (z.B. Problem der Bodenverdichtung durch das Befahren der Fläche mit schweren Maschinen) für die Erhaltung von widerstandsfähigen Waldökosystemen (hohe Resilienz).

Abb. 3: Eichenreicher Mischwald im Frühling (Bevaix, NE). Die Flaumeiche (auf dem Bild noch unbelaubt) gehört am Jurasüdfuss schon heute, zusammen mit der Traubeneiche, der Buche und zahlreichen weiteren Laub- und Nadelbäumen, zu einer ökologisch und wirtschaftlich sinnvollen Baumartenmischung. Foto: Pascal Junod

Die Resultate des Querco-Experimentes bestätigen somit weitgehend die Erfahrungen und Hoffnungen, welche man in der Praxis mit der Eiche verbindet. Allerdings sind folgende Aspekte, welche im Querco-Experiment nicht angesprochen werden konnten, im Auge zu behalten:

Forstliche Dynamik und Baumkrankheiten beachten

Die Eiche wird auch zukünftig der Konkurrenz anderer Vegetation ausgesetzt sein. So werden auch andere Baumarten (Buche, Esche u.a.) ihr Verhalten anpassen und möglicherweise in der einen oder anderen Lebensphase vom Klimawandel profitieren können. Damit ist die veränderte Dynamik in Waldökosystemen angesprochen, auf welche Praxis und Forschung zukünftig noch mehr achten müssen – eichenreiche Wälder müssen als komplexe (Öko-)Systeme angesprochen und verstanden werden. Schliesslich dürfen auch phytosanitärische Gefahren nicht unbeachtet bleiben. Untersuchungen in Deutschland erklären Schäden bei der Eiche teilweise mit starker Trockenheit und nachfolgendem Pilz- und Insektenbefall [10]. Das Einschleppen und Neuverbreiten von Krankheitserregern und Schädlingen stellt eine permanente Gefahr dar und hat in der Vergangenheit bei anderen Baumarten grosse Schäden angerichtet (z.B. Ulmensterben). Dieses Problem betrifft zwar bis jetzt die Eichen nicht, muss aber in Zeiten des verstärkten Klima- und Umweltwandels ganz besonders aufmerksam verfolgt werden.

Genpool nachhaltig bewirtschaften – richtige Verwendung des forstlichen Vermehrungsgutes

Die drei in Europa am weitesten verbreiteten Eichenarten – Stiel-, Trauben- und Flaumeiche – sind alle in der Schweiz heimisch. Frühere Untersuchungen zur Genetik der Eiche in der Schweiz zeigen, dass die Vorkommen trotz ihrer relativen Seltenheit (rund 2% des Gesamtvorrates) und ihrer Zerstreutheit genetisch sehr variabel sind [11] und darüber hinaus –zumindest was die älteren Bestände betrifft – oft autochthon sein dürften [12]. Da der Gentransfer zwischen Eichenarten zudem als Strategie zur Erzeugung genetischer Variation gilt [13], verfügt unser Land sicherlich über einen äusserst interessanten Eichen-Genpool. Die Variabilität und Plastizität der Eichen, welche in den verschiedenen Klimabehandlungen des Querco-Experimentes zum Ausdruck kam, unterstreicht diese These. Da in der Schweiz auch zukünftig mit einem grossen Anteil künstlicher Eichenverjüngung zu rechnen ist, muss dem Management genetischer Ressourcen vermehrte Beachtung geschenkt werden. Die Ausscheidung, Bewirtschaftung und Nutzung der Samenerntebestände dient der Erhaltung genetischer Vielfalt und damit der Anpassungsfähigkeit der einheimischen Eichenpopulationen. Schliesslich wird es aber auch darum gehen, das bestgeeignete Vermehrungsgut für einen gegebenen Standort auszuwählen und fachgerecht einzubringen.

Patrick Bonfils
Bonfils-Naturavali. www.naturavali.com

Dr. Thomas Kuster, Dr. Matthias Arend
Eidg. Forschungsanstalt WSL. www.wsl.ch

Pascal Junod
Leiter Forstkreis Boudry/NE und Fachstelle Waldbau am BZW Lyss. www.bzwlyss.ch

Dr. Madeleine S. Günthardt-Goerg
Eidg. Forschungsanstalt WSL. www.wsl.ch

Dank
Für die Erlaubnis, Untersuchungsmaterial (Eicheln) zu beernten, möchten wir den Waldeigentümern und den lokalen Forstdiensten ganz herzlich danken; ebenso der Velux Stiftung für die grosszügige finanzielle Unterstützung des Querco-Experiments (Projekt 489). Dank gebührt ausserdem den Autoren und Kollegen aus Forschung und Praxis, welche direkt oder indirekt an dieser Artikelserie mitgewirkt und damit den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Praxis unterstützt haben. Diese Umsetzungspublikationen wären ohne die Finanzierung der Eidg. Forschungsanstalt WSL, des Bundesamts für Umwelt BAFU und des Eichenfördervereins proQuercus nicht möglich gewesen; auch diesen Projektpartnern ein herzliches Dankeschön!

Quellen

1 AREND M., BREM A., KUSTER T.M., AND GÜNTHARDT-GOERG M.S. 2013: Seasonal Fotosynthetic responses of European oaks to drought and elevated daytime temperature. Plant Biology, 15 (Suppl. 1) 169–176.

2 CONTRAN N., GÜNTHARDT-GOERG M.S., KUSTER T.M., CERANA P., CROSTI R., PAOLETTI E. 2013: Physiological and biochemical responses of Quercus pubescens to air warming and mild soil drought. Plant Biology, 15 (Suppl. 1) 157–168.

3 LI M.-H., CHERUBINI P., DOBBERTIN M., AREND M., XIAO W.-F., RIGLING A. 2012: Responses of leaf nitrogen and mobile carbohydrates in different Quercus species/provenances to moderate climate changes. Plant Biology, 15 (Suppl. 1) 177–184.

4 RENNENBERG H., DANNENMANN M., GESSLER A., KREUZWIESER J., SIMON J., PAPEN H. 2009: Nitrogen balance in forest soils: nutritional limitation of plants under climate change stresses. Plant Biology, 11, 4–23.

5 KUSTER T.M., SCHLEPPI P., HU B., SCHULIN R., GÜNTHARDT-GOERG M.S. 2013: Nitrogen dynamics in oak model ecosystems subjected to air warming and drought on two different soils. Plant Biology, 15, 220–229.

6 BONFILS P., HORISBERGER D., ULBER M. (RED.) 2005: Förderung der Eiche. Strategie zur Erhaltung eines Natur- und Kulturerbes der Schweiz. Hrsg.: proQuercus; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern. 102 S.

7 BONFILS P., KUSTER TH., AREND M., JUNOD P. UND GÜNTHARDT-GOERG M. S. 2013: Die Eiche im Klimawandel, 1. Teil: Die Eiche reagiert flexibel. W+H 2/13, 29–33.

8 BONFILS P., KUSTER TH., FONTI P., AREND M., VOLLENWEIDER P., JUNOD P. UND GÜNTHARDT-GOERG M. S. 2013: Die Eiche im Klimawandel, 2. Teil: Wie sich Jungeichen an Trockenheit anpassen können. W+H 3/13, 45–50.

10 NW-FVA 2012: Aktuelle Informationen zum Eichensterben und weiteres Vorgehen 2012/13. Waldschutzinfo der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. Waldschutzinformation 03/2012.

11 FINKELDEY R. 2001: Genetic Variation of Oaks (Quercus spp.) in Switzerland. Genetic Structures in «Pure» and «Mixed» Forests of Pedunculate Oak (Q. robur L.) and Sessile Oak (Q. petraea [Matt.] Liebl.). Silvae Genet. 50 (1): 22–30.

12 MÁTYÁS G., BONFILS P., SPERISEN C. 2002: Autochthon oder allochthon? Ein molekulargenetischer Ansatz am Beispiel der Eichen (Quercus spp.) in der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 153 (3): 91–96.

13 AAS G. 1998: Morphologische und ökologische Variation mitteleuropäischer Quercus-Arten. Ein Beitrag zum Verständnis der Biodiversität. München: IHW Verlag. 221 S.

Holz-Abdeck Blachen
150cm/200cm/300cm/400cm breit
gewebeverstärkt, Saum
Metall-Ösen je 50cm
Farbe olive, Länge 25m
nur Fr. 2.80/m² inkl. MWSt.
Rabatt: 10% ab 600.–/20% ab 1200.–
O'Flynn Trading
8049 Zürich
Tel. 044/342 35 13
Fax 044/342 35 15
www.oflynn.ch