

Původ a nejstarší historie ječmene setého (*Hordeum vulgare*) na Předním východě: pohled archeobotaniky

*Archaeobotanical Insight into the Origin and Early History of Barley (*Hordeum vulgare*) in the Near East*

JAROMÍR BENEŠ^{1,2}, TEREZA ŠÁLKOVÁ^{1,2}, ZDENĚK VANĚČEK^{1,2}

¹Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, Laboratoř archeobotaniky a paleoekologie, Branišovská 31, České Budějovice / *University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Science, Laboratory of Archaeobotany and Paleoecology, Branišovská 31, České Budějovice*

²Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Filozofická fakulta, Archeologický ústav, Branišovská 31a, České Budějovice / *University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Philosophy, Institute of Archaeology, Branišovská 31a, České Budějovice*

e-mail: benes@prf.jcu.cz

Beneš, J. – Šálková, T. – Vaněček, Z.: Původ a nejstarší historie ječmene setého (*Hordeum vulgare*) na Předním východě: pohled archeobotaniky. Kvasny Prum. 57, 2011, č. 5, s. 121–126.

Ječmeny představují z botanického hlediska samostatný rod z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) s celkovým počtem 45 známých taxonů. Článek popisuje historii domestikace a šíření ječmene v závěru poslední doby ledové a v průběhu holocénu ve Starém světě, a to především z hlediska archeobotaniky. Tento text se zabývá rozšířením planého ječmene *Hordeum spontaneum* a podmínkami domestikace na Předním východě a v dalších oblastech Starého světa. Výklad pokračuje formováním tzv. neolitického balíčku s ohledem na morfologickou domestikaci ječmene v předovýchodní oblasti a způsobem šíření této rostliny v jihovýchodní Evropě. Líčení je založeno především na archeobotanických dokladech sběru a pěstování, menší pozornost je také věnována genetickým aspektům ječmene.

Beneš, J. – Šálková, T. – Vaněček, Z.: Archaeobotanical insight into the origin and early history of barley (*Hordeum vulgare*) in the Near East. Kvasny Prum. 57, 2011, No. 5, p. 121–126.

Botanically, barleys represent a separate genus of the grass (*Poaceae*) family with total number of 45 taxa. This study describes the history of barley domestication and barley spread in the Old World at the end of the last ice age and during the Holocene especially from an archaeobotanical point of view. This article describes the spread of wild barley *Hordeum spontaneum* and domestication conditions in the Near East and other regions of the Old World. The study then pays attention to a so-called Neolithic package with respect to morphological domestication of barley in the territory of the Near East and spread of this plant in southeastern Europe. Description is based mainly on archaeobotanical evidence of gathering and growing, minor attention is also paid to barley genetic aspects.

Beneš, J. – Šálková, T. – Vaněček, Z.: Der Ursprung und die älteste Geschichte der gesäten Gerste (*Hordeum vulgare*) im Nahem Ost Vorderen Orient: Anblick der Archäobotanik. Kvasny Prum. 57, 2011, Nr. 5, S. 121–126.

Aus der botanischen Sicht stellt die Gerste einen selbstständigen Stamm aus der Grassfamilie (*Poaceae*) mit der gesamten Zahl 45 bekannter Taxa. Vor allem aus der Sicht der Archäobotanik wurde der Verlauf der Gerstendomestikation und – Verbreitung im Zeitbereich zum Ende der Eiszeit und während der Holocenepériode in der Alten Welt beschrieben. Der Artikel befasst sich mit der Verbreitung der wilden Gerste *Hordeum spontaneum* und mit den Bedingungen der Domestikation im Nahen Ost und in den weiteren Gebieten der Alten Welt. Mit der Rücksicht auf die morphologische Domestikation der Gerste im Gebiet des Nahen Osts wurde die Formierung des sogenannten Neolithischen Päckchens im Nahen Ost und die Weise der Gerstenverbreitung in Südosteuropa beschrieben. Diese Beschreibung wird insbesondere auf den archäobotanischen Gründen über Sammlung und Züchtung gelegt, weitere Aufmerksamkeit wird auch den genetischen Gesichtspunkten der Gerste gewidmet.

Klíčová slova: ječmen, archeobotanika, genetika, domestikace

Keywords: barley, archaeobotany, genetics, domestication

1 ÚVOD

Ječmeny představují z botanického hlediska samostatný rod z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Tradiční taxonomie je odlišuje od ostatních zástupců čeledi například kvůli jednokvětým kláskům, které vyrůstají na větvi (lichoklasu) vždy po trojicích. Rod *Hordeum* čítal původně zhruba 150 druhů, avšak s nástupem molekulárně genetických poznatků se počet samostatných druhů snížil na 32 druhů, dohromady 45 taxonů [1,2]. Ječmeny lze podle počtu chromozomů rozdělit na diploidní ($2n = 14$), tetraploidní ($2n = 28$) a hexaploidní ($2n = 42$). Kulturní ječmen je diploidní ($2n = 14$), podle uspořádání klasu dvouřadý nebo šestiřadý. Jednou z klíčových plodin Eurasie a severní Afriky je ječmen setý (*Hordeum vulgare*), jehož historie je spojena přímo s počátky zemědělství. Cílem tohoto příspěvku je nastínit historii domestikace a šíření ječmene v závěru poslední doby ledové a v průběhu holocénu ve Starém světě, a to především z hlediska archeobotaniky, tedy oboru, který se zabývá archeologickými nálezy rostlin a jejich významem pro poznání historických společností a jejich ekologie. Tento text se zabývá rozšířením planého ječmene *Hordeum spontaneum* a podmínkami domestikace na Předním východě a v dalších oblastech Starého světa. Výklad pokračuje formováním tzv. neolitického balíčku s ohledem na morfologickou domestikaci ječmene

1 INTRODUCTION

Botanically, barleys represent a separate genus of the grass (*Poaceae*) family. Traditional taxonomy distinguishes them from the other representatives of the family, for example due to uniflorous spikelets that are grouped at the node of the rachis always in triads. The *Hordeum* genus originally comprised about 150 species, with the development of molecular and genetic science the number of the individual species declined to 32, in total 45 taxa [1,2]. According to the number of chromosomes, barleys can be classified as diploid ($2n = 14$), tetraploid ($2n = 28$) and hexaploid ($2n = 42$). Cultural barley is diploid ($2n = 14$), two-rowed and six-rowed according to the number of kernel rows in the head. Barley (*Hordeum vulgare*) is one of the key crops of Eurasia and North Africa, its history is directly connected with the beginning of agriculture. The aim of this study is to outline the history of barley domestication and barley spread in the Old World at the end of the last ice age and during the Holocene especially from an archaeobotanical point of view, i.e. from the aspect of the science that studies archaeological findings of plants and their significance for cognition of historical societies and their ecology. This article describes the spread of wild barley *Hordeum spontaneum* and domestication conditions in the Near East and other regions of the Old World.

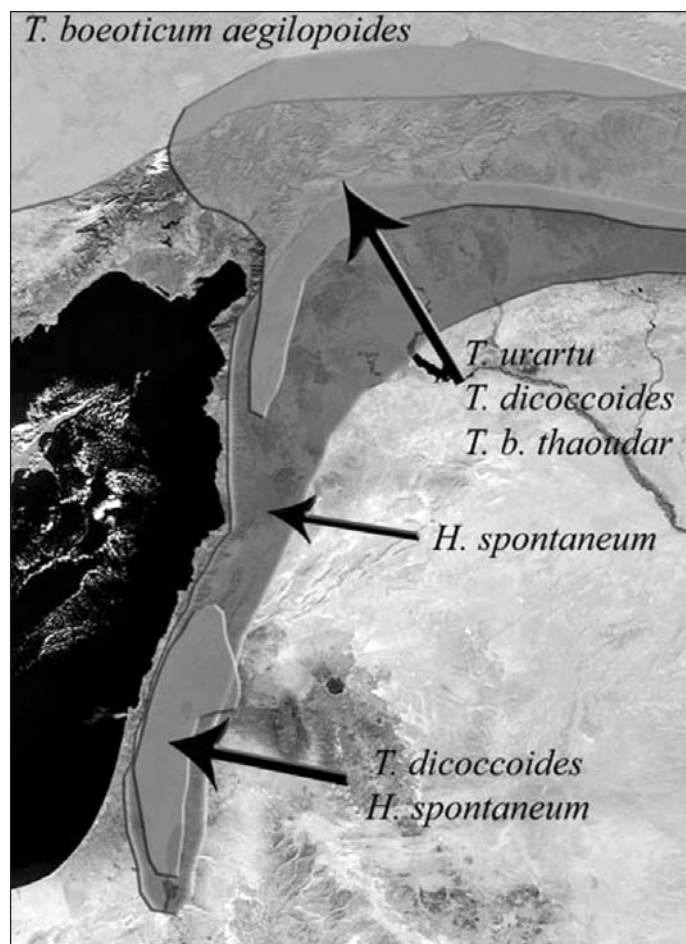
v předovýchodní oblasti a způsobem šíření této rostliny v jihovýchodní Evropě. Líčení je založeno především na archeobotanických dokladech sběru a pěstování, menší pozornost je také věnována genetickým aspektům ječmene. Pokud ke genetice přihlížíme, pak především v souvislostech, které nám objasňují původ a variabilitu genové diversity ječmenů ve vztahu k archeologickým a morfologicko-archeobotanickým argumentům.

2 POČÁTKY PĚSTOVÁNÍ JEČMENE NA PŘEDNÍM VÝCHODĚ

V literatuře panuje obecná shoda, že předkem dnešních domestikovaných odrůd ječmenů je velkosemenný ječmen planý (*Hordeum spontaneum*). Ten je velmi častou travinou v regionech jihozápadní Asie, pro které se vžil označení Úrodný půlměsíc. Rozsah endemického výskytu planého ječmene jako předka dnešních kulturních ječmenů lze sledovat od údolí Jordánu, přes horní tok Euphratu a jihovýchodní oblasti Turecka do horských regionů Pakistánu a Afghánistánu [3,4].

Počátky historie domestikovaného ječmene (*Hordeum vulgare*), jedné z nejdůležitějších světových ekonomických rostlin, jsou úzce spojeny s územím Asie, Evropy a severní Afriky. Zvláště důležitá je oblast Úrodného půlměsíce (obr. 1), především jeho jihozápadní části, tj. povodí Jordánu a severosyrských oblastí. Zde podle archeologických zdrojů probíhaly v pozdně paleolitické (později i raně neolitické) společnosti složité sociální a ekologické interakce, které formovaly vztah lidí k rostlinné výživě ve čtyřech vývojových stádiích [5,6]:

1. sběr semen divokých rostlin jako jeden ze sezonních způsobů obživy lovců a sběračů,
2. pěstování divokých forem rostlin na samém počátku kultivace,
3. systematické zemědělské pěstování morfologicky divokých forem rostlin,



Obr.1 Západní část Úrodného půlměsíce v JV Turecku, Sýrii, Libanonu, Izraeli a Jordánsku. Současné rozšíření některých druhů divokých trav, v minulosti předků některých pšenic a ječmenů. Podle [3] / Fig.1. Western part of the Fertile Crescent in SE Turkey, Syria, Lebanon, Israel and Jordan. Current distribution of some species of wild grasses, in the past progenitors of some wheats and barleys. According to [3]

The study then pays attention to a so-called Neolithic package with respect to morphological domestication of barley in the territory of the Near East and spread of this plant in southeastern Europe. Description is based mainly on archaeobotanical evidence of gathering and growing, minor attention is also paid to barley genetic aspects. Genetics is considered here only when it can help us clarify the origin and variability of barley gene diversity in relation to archaeological and morphological and archaeobotanical arguments.

2 BEGINNINGS OF BARLEY GROWING IN THE NEAR EAST

A consensus exists in the literature that large-grained wild barley (*Hordeum spontaneum*) is a progenitor of current domesticated barley varieties. It is a common grass in the South-East Asia regions, known as the Fertile Crescent. The endemic range of wild barley, as a progenitor of today's cultural barley, extends from the Jordan valley, over the Euphrates headwaters and Southeast Turkey to the mountain regions of Pakistan and Afghanistan [3,4].

The beginnings of the history of domesticated barley (*Hordeum vulgare*), one of the world most important economic plants, are tightly connected with the territory of Asia, Europe and North Africa. The area of the Fertile Crescent (Fig. 1), mainly its southwestern part, i.e. the Jordan watershed and Northern Syria areas are of a special importance. According to archaeological sources, complex social and ecological interactions which formed relationship of people to the plant diet proceeded in late Paleolithic (and later also in early Neolithic) society in four development stages [5,6]:

1. Procurement of wild plant seeds as one of the seasonal diet of hunters and gatherers,
2. Production of wild plant forms at the very beginning of cultivation,
3. Systematic agricultural growing of morphologically wild plant forms,
4. Systematic agricultural growing based on morphologically domesticated plant forms.

Growing of wild barley forms and domestication processes took place in the environment of relatively favorable biotopes of the Palestine-Syria area in the late phases of the Ice Age. Many authors underline the significance of climatic changes at the end of the Pleistocene in relation to wild progenitors of domesticated plants. The role of cooling in the Younger Dryas age (11 500 – 9800 BC cal.) is especially emphasized as, compared to the previous climatically very favorable Allerød Interstadial period, less favorable conditions disturbed the structure of food sources increasing thus the importance of grown forms of wild grasses in human diet [7]. The orientation to caloric plants has been emphasized [8], their larger grains were the advantage for the Paleolithic communities; another reason may be a lower availability of collected wild barleys in the cold Dryas [3]. It is necessary to realize that barley although an important economic plant, belonged to a group of most frequently used plants together with minimally three wild wheats, wild emmer wheat (*Triticum dicoccoides*), one-grain form of wild wheat einkorn (*Triticum boeoticum aegilopoides*) and a form of wild wheat einkorn with two grains in each spikelet *Triticum boeoticum thaoudar*, compare to [3] and many legumes [9]).

Hordeum spontaneum (Fig. 2), a progenitor of cultural barleys, is a wild grass, well adapted to the arid climate. Being the least tolerant to cold conditions, it matures earlier than other wild cereals. Even today this plant is much more widespread in the Near East than wild wheats [3]). A number of important archaeological sites exist here that in the last two decades significantly changed the archaeobotanical and archaeological view of the beginnings of barley domestication. The key archaeological site for prehistory of growing *Hordeum spontaneum* is an Israeli Ohalo II, where for many years an extensive exploration of the settlement of the Kebara Culture of the Epipaleolithic period (21 000–18 500 BC) has been performed. Findings of wild barleys have already been known from the archaeobotanical data sets from the Paleolithic layers in the Israeli cave Kebara (Mount Carmel area, findings dated to 60 000–48 000 BP), researchers, however, claimed that only an insignificant quantity of a few tens of charred grains of *Hordeum spontaneum* occurred there among many other and in quantity incomparably much more represented taxa (oak achenes, wild pistachios, wild wine grapes, etc.), i.e. presumably not still in the amount of the economic importance. The findings of wild barley from the settlement Ohalo II are of a quite different character. Among more than 90 000 plant macroremnants, wild barley with 2503 charred grains was significantly represented [10]. This number in relation to the other taxa found already confirms a considerable importance of

4. systematické zemědělské pěstování, založené na morfologicky domestikovaných formách rostlin.

Pěstování divokých forem ječmene i procesy domestikace probíhaly v prostředí relativně příznivých biotopů syropalestinské oblasti v pozdních fázích doby ledové. Řada autorů poukazuje na význam klimatických změn konce pleistocénu právě ve vztahu k divokým předkům domestikovaných rostlin. Zvláště se zdůrazňuje role ochlazení v mladém dryasu (11 500–9800 př. n. l. cal.), kdy byly ve srovnání s předchozím klimaticky velmi příznivým interstádiem Allerød nastoleny pro člověka méně příznivé podmínky, které narušily strukturu potravních zdrojů tak, že stoupl význam pěstovaných forem divokých travin ve výživě [7]. Zdůrazňuje se orientace na kaloricky významné rostliny [8], jejich větší zrna byla pro paleolitické komunity výhodou, ale také menší dostupnost divokých sbíraných ječmenů v chladném dryasu [3]. Je důležité si uvědomit, že ječmen, ačkoliv se jednalo o důležitou ekonomickou rostlinu, tvořil součást skupiny nejčastěji využívaných rostlin, do které spadaly minimálně tři divoké pšenice, divoká pšenice dvourzinka (*Triticum dicoccoides*), jednozrná forma divoké pšenice jednozrnky (*Triticum boeoticum aegilopoides*) a dvourznná forma divoké pšenice jednozrnky *Triticum boeoticum thaoudar*, srov. [3]) a řada luštěnin [9].

Hordeum spontaneum (obr. 2), předek kulturních ječmenů, je divoká travina, která je velmi dobře adaptovaná na aridní klima. Také je nejméně tolerantní na chladné podmínky, zřejmě proto, že dozrává dříve než ostatní divoké cereálie. Na Předním východě je tato rostlina i dnes daleko více rozšířená, než je tomu u divokých pšenic [3]. Existuje zde řada významných archeologických nalezišť, která v minulých dvou desetiletích významně změnila pohled archeobotaniky a archeologie na počátky domestikace ječmenů. Klíčovým nalezištěm pro prehistorii pěstování tohoto druhu je izraelské naleziště Ohalo II., kde již řadu let probíhá rozsáhlý výzkum sídliště kebarské kultury epipaleolitického stáří (21 000–18 500 př. n. l.). Nálezy planého ječmene jsou z archeobotanických souborů známy již ze středního paleolitu z izraelské jeskyně Kebara (oblast Mount Carmel, nálezy datovány do intervalu 60 000–48 000 BP), podle autorů výzkumu se však jednalo o bezvýznamné množství několika desítek zuhelnatělých obilok *Hordeum spontaneum* mezi mnoha jinými, početně nesrovnatelně více zastoupenými taxony (nažky dubu, plané pistácie, planá vinná réva atd.), tedy v množství, které zřejmě nemělo ještě ekonomický význam. Nálezy planého ječmene ze sídliště Ohalo II. jsou ale zcela jiného charakteru. Mezi více než 90 tisíci rostlinných makrozbytků měl planý ječmen významné zastoupení s počtem 2503 zuhelnatělých obilok [10]. To už je počet, který ve vztahu k ostatním nalezeným taxonům dokládá značný ekonomický význam divokého ječmene pro paleolitickou komunitu, sídlící tehdy u Galilejského jezera.

Jedním z klíčových archeobotanických ukazatelů nejranějších forem domestikace je (kromě zvětšení zrna a výskytu semen plevních druhů v archeobotanických vzorcích) [6] morfologie článků klasových vreten, odrážejích rozpadavost nebo nerozpadavost klasů, tedy jeden ze základních parametrů domestikovaných populací. Je pozoruhodné, že již na sídlišti v Ohalu II. se mezi 90 % divokých forem vidliček klasového vrtena ječmenů našlo zhruba 10 % jedinců s časně domestikačními znaky [11]. Ohalo II. je však v tomto ohledu výjimkou. Pozorování vlastností archeobotanických souborů z klíčových lokalit Předního východu, především kombinace morfologických znaků vidliček a zrna ječmene, ukazuje, že proces právě domestikace počal až mezi roky 9000 př. n. l. a byl ukončen kolem roku 7000 př. n. l. [6] a trval tedy nejméně 2000 let. Komplexní analýza domestikačních znaků ukazuje jak na nerovnoměrnost vývoje, tak na relativně pomalejší proces domestikace ječmene ve srovnání s pšenicemi. Například na dalším izraelském nalezišti Netiv Hagdud [3,12] je evidováno ve starší fázi sídliště (10. tisíciletí – první polovina 9. tisíciletí př. n. l.) pěstování divokého ječmene, zatímco v druhé polovině 9. tisíciletí je již prokázán ječmen v částečně domestikované formě. Je třeba poznamenat, že taková tvrzení jsou založena nikoliv na jednotlivých výskytech divokých nebo domestikovaných morfotypů, ale na statistických ukazatelích celého souboru.

Není účelem tohoto textu podrobněji se zabývat rozбором příčin a důsledků domestikace nejstaršího souboru ekonomických rostlin na Předním východě. Můžeme zde však alespoň v kostce tlumočit nejvýznamnější poznatky soudobé archeologie a archeobotaniky. Současné analýzy zdůrazňují význam polycentrické evoluce [13]. Tato nová koncepce počítá s řadou lokálních ohnisek domestikace (*local domestication events*), v nichž vývoj probíhal v relativní nezávislosti na ohniscích jiných. Vždy se však jednalo o komplexní proces, zahrnující více domestikačních procesů na rostlinách i zvířatech. Nejsledovanějším rodem obilovin jsou určité pšenice. Například u pšenice dvourzanky (*Triticum dicoccum*) se jako regionální ohnisko domes-

wild barley for the Paleolithic community residing then by the Sea of Galilee.

One of the key archaeobotanical indicators of the earliest forms of domestication (besides the increase in a grain size and the occurrence of seeds of weed species in archaeobotanical samples) [6] is morphology of rachis segments reflecting shattering or non-shattering ears, one of the basic parameters of domesticated populations. Remarkably, in the settlement at Ohalo II roughly 10 % of the individuals with early domestication traits were found among 90 % of wild forms of barley spikelet forks [11]. Nevertheless, Ohalo II in this respect is an exception. Study of archaeobotanical data sets from the key localities of the Near East, especially a combination of morphological traits of forks and barley grains shows that the process of a real domestication began only around 9000 BC and was completed around 7000 BC [6] taking thus at least 2000 years. A complex analysis of domestication traits shows inequality of the development and relatively slower process of barley domestication compared with wheats. For example, at another Israeli archaeological site Netiv Hagdud [3,12] growing of wild barley was documented in the later phase of the settlement (10th millennium – 1st half of the 9th millennium BC), whereas in the 2nd half of the 9th millennium barley in a partly domesticated form was proven. It is necessary to note that these claims are based not on the individual occurrences of wild or domesticated morphotypes but on statistical parameters of the whole set.

It is not the purpose of this text to deal in detail with the analysis of causes and consequences of domestication of the oldest set of economic plants in the Near East. Nevertheless we can briefly summarize the major achievements of present-day archaeology and archaeobotany. The current analyses emphasize the significance of the polycentric evolution [13]. This new concept considers a number of local domestication events where evolution proceeded relatively independently. However, it was always a complex process including more domestication processes of plants and animals. Wheats are definitely the most studied cereal species. For example, the archaeological sites near the Euphrates in north Syria are given as a regional domestication center of emmer wheat (*Triticum dicoccum*) [14]. Do-



Obr. 2. *Hordeum spontaneum*, předek kulturních forem ječmenů / Fig.2. *Hordeum spontaneum*, ancestor of cultural barleys

tikace uvádějí severosyrská naleziště při toku Eufratu [14]. U pšenice jednozrnnky (*Triticum monococcum*) výrazně promluvil do domestikacních schémat archeogenetická analýza současných divokých populací pšenice v Anatolii a na Předním východě. Na základě genové diverzity recentních populací pšenice boeotické *Triticum boeoticum* (předek jednozrnnky) byla jako domestikacní místo stanovena docela malá oblast v regionu Karacadağ v jihovýchodním Turecku [15], což vyvolalo polemiku mezi genetiky i archeobotaniky (např. [16]).

Na významných syrských telích Mureybet, Djade a Jerf al Ahmar na středním Eufratu, epipaleolitických až neolitických sídlištních útvarů s bohatou stratografií a kvalitním archeobotanickým výzkumem, je proces pomalé domestikace ječmene (vedle dalších ekonomicky důležitých rostlin) dobře dokumentován [3,17,18]. Ačkoliv zde jdou nálezy zuhelnatělých semen a vidliček ječmene do tisíců, jen několik exemplářů vykazuje znaky plné domestikace, a to až v sídlištních vrstvách, datovaných do neolitického období PPNB (Pre-Pottery Neolithic B), např. tell Djade. Zcela unikátním nálezem je kuchyně z tellu Jerf al Ahmar [18], kde byla sledována prostorová struktura archeobotanických pozůstatků zuhelnatělých rostlin. Zajímavým zjištěním je oddělená manipulace s ječmenem právě v této kuchyni.

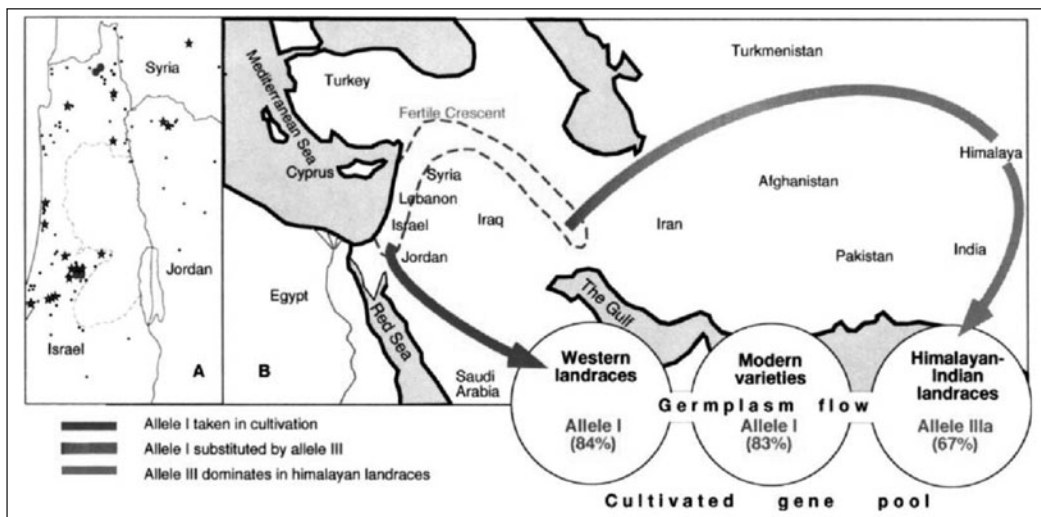
Vedle severosyrských nalezišť pocházejí cenné informace o domestikaci ječmene z nalezišť v sídelní pánvi v okolí Damašku. Zde byly zjištěny na řadě sídlišť, datovaných od raného a středního úseku 8. tisíciletí př. n. l. do 6. tisíciletí př. n. l., progresivní nárůsty domestikovaných typů ječmene [19].

Dalšími centry domestikace ječmene jsou regiony v pohoří Zagros, kde na místních neolitických lokalitách existují doklady stejné časně domestikace ječmene jako v Sýrii a Izraeli [3]. Tuto tezi podporuje genetický výzkum asijských ječmenů. Studium genetických haplotypů ukazuje, že vedle klasických center na Předním východě existuje ještě druhé domestikacní centrum ječmene, a to centrální Asie na východním okraji Iránské plošiny, kde byly zdrojové regiony jihoasijského a východoasijského ječmene setého [20]. Genetické studium alel ječmene indikuje monofyletický původ ječmenu setého, ale právě více než jedno centrum domestikace. Zatímco vzorky ječmene vykazují typický výskyt alely I *BKn-3* v údolí Jordánu, alela IIIa *BKn-3* je typická pro východní, především himalájské ječmeny [21], ale také pro ječmeny z velmi rozsáhlé oblasti jižní a východní Asie. Tento východoasijský ječmen (obr. 3) se odlišuje od dnešních evropských a severoafrických odrůd vyšším výskytem nahozrnných forem a převahou dvouřadých typů nad šestiřadými a jiným uspořádáním alel [4]. Nahý šestiřadý ječmen byl například dominantní plodinou na neolitickém sídlišti Mehrgarh (kolem let 6000 př. n. l.) na hranici Iránské plošiny a údolí Indu [22].

Předovýchodní oblast je tedy známou a všeobecně uznávanou pravlastí kulturních ječmenů. Vyvinuly se z nutričně dobře využitelné trávy *Hordeum spontaneum*, která je předchůdcem historických a dnešních plevnatých a nahých odrůd (obr. 4). Klíčovou otázkou je, a to nejen v problematice ječmenů, kdy a jak opustil nedomestikovaný i domestikovaný ječmen areál svého původního přirozeného výskytu, respektive kdy a jak se uskutečnil jeho kulturní přenos.

3 NEOLIT A KULTURNÍ PŘENOS JEČMENŮ DO EVROPY

Nejzajímavějším a často diskutovaným případem introdukce ječmene mimo vlastní oblast přirozeného výskytu a domestikace je velmi časný výskyt původně čistě předovýchodních plodin na Kypru a dále výskyt těchto plodin v neolitu Turecka a Řecka [24]. Nejstarší domestikované rostliny jako pšenice dvourzka (*Triticum dicoccum*), jednozrnnka (*Triticum monococcum*) a plevnatý ječmen (*Hordeum vulgare*),



Obr. 3 Dvě domestikacní centra ječmene v oblasti Úrodného půlměsíce. A, místa odběru vzorků ze 104 linií *Hordeum spontaneum*, shromážděných genetickým výzkumem v Izraeli a Jordánsku a v okolí jordánsko-syrské hranice. Červené tečky ukazují místa sběru linií H. s. BKn-3 alely I. B a alely BKn-3 genu z divoké populace. Podle [21] / Fig. 3 Two barley domestication centers in the Fertile Crescent area. A, sampling sites of 104 *Hordeum spontaneum* lines, collected in the genetic research in Israel and Jordan and near Jordan-Syria border. Red dots indicate sites of collection of the H. lines with BKn-3 alleles I. B and BKn-3 allele of the gene from wild populations. According to [21]

mestication patterns of the einkorn wheat (*Triticum monococcum*) were markedly affected by the archaeogenetic analysis of the current wild populations of wheat in Anatolia and Near East. Based on the gene diversity of the recent populations of wheat *Triticum boeoticum* (einkorn ancestor), a relatively small area in the Karacadağ region in southeast Turkey was determined as a domestication site [15], this stirred up a controversy between geneticists and archaeobotanics [16]).

The process of slow domestication of barley (besides other economically important plants) has already been well documented in important Syrian Mureybet, Djade and Jerf al Ahmar. Profound archaeobotanical explorations have already documented a process of slow domestication of barley (besides other economically important plants) in important Syrian Mureybet, Djade and Jerf al Ahmar Tells at the central Euphrates, Epipaleolithic to Neolithic settlements with rich stratigraphy [3,17,18]). Although thousands of charred seeds and barley spikelet forks were found here, only a few of them exhibited the traits of complete domestication, only in the settlement layers dating from the Neolithic period PPNB (Pre-Pottery Neolithic B), for example tell Djade. A completely unique finding is a kitchen from the Tell Jerf al Ahmar [18]) where a spatial distribution of archaeobotanical remnants of charred plants was found. Separate manipulation with barley in this kitchen is an interesting finding.

In addition to the north Syrian archaeological sites, valuable information on barley domestication has come from the findings in the settled basin near Damascus where progressive increases in domesticated barley types were determined in many settlements dated from early and middle section of the 8th millennium BC to the 6th millennium BC [19]).

Other barley domestication centers are regions in the Zagros Mountains; here findings in the Neolithic localities showed the same early domestication of barley as in Syria and Israel [3]. This thesis is confirmed by the genetic research on Asian barleys. Study of genetic haplotypes suggests that besides the classical centers in the Near East, the second domestication center of barley existed in the east of the Iranian Plateau in central Asia, i.e. the source regions of East and South Asian barley [20]. Genetic study of barley alleles indicates a monophyletic origin of barley and more than one domestication center. While the barley samples exhibit the typical occurrence of allele I *BKn-3* in the Jordan valley, allele IIIa *BKn-3* is typical for eastern, mainly Himalayan, barleys [21]), but also for barleys from a very vast area of South and East Asia. This East Asian barley (Fig. 3) differs from today's European and north African varieties by a higher occurrence of naked forms and prevalence of two-row over the six-row types and different allele arrangement [4]. For example naked six-row barley was a dominant crop in the Neolithic settlement Mehrgarh (about 6000 BC) on the border of the Iranian Plateau and the Indus valley [22].

The area of the Near East is therefore a well known and generally

společně se lnem setým (*Linum usitatissimum*) a čtyřmi luštěninami: čočkou (*Lens culinaris*), hrachem (*Pisum sativum*), vikví ervilskou (*Vicia ervilia*), a cizrnou beraní (*Cicer arietinum*) tvoří původní balíček neolitických plodin, který byl z domácí předovýchodní oblasti předáván různými způsoby dále [9].

Předně je třeba říci, že velmi časně (cca v 6.–5. tisíciletí př. n. l.) se v počínající předovýchodní neolitické společnosti vytvořila složitá, téměř protoměstská sociální struktura společnosti a už velmi záhy dochází k nadregionálním kontaktům a výměně zboží, ve které pravděpodobně nechybí i pěstované rostliny. Tento proces je dokumentován především u divokých forem pěstovaných pšenic [3]. Velmi časný výskyt plevnatého ječmene na Kypru (8800–8400 př. n. l.) souvisí velmi pravděpodobně s jeho transportem skupinami levantských obyvatel, nositelů kultury PPNB [24]. Zhruba o dva tisíce let později nacházíme plevnatý ječmen již na neolitických nalezištích středního Turecka, ale také na řeckých neolitických lokalitách [25].

O počátcích neolitického hospodářství v Evropě a tím i způsobu přenosu kulturních plodin včetně ječmene se vedou živé polemiky [26]. Dnes existují dva akceptované postupy šíření nejstaršího zemědělství, přičemž musí být zdůrazněno, že oba mechanismy se v zásadě mohly na regionálních úrovních doplňovat. Na prvním místě je to model demické difúze (*demic diffusion*). Tato koncepce má svoje kořeny již v padesátých letech, kdy G. Childe formuloval model neolitické revoluce (světlo z východu: *lux ex oriente*). Významným pokračovatelem této tradice jsou Američané A. Ammermann a L. Cavalli-Sforza [27,28]. Ti vychází z tradiční difuzionistické teorie, ztotožňující počátky evropského neolitického hospodářství s poměrně rychle se posunující (a rychle narůstající) populační vlnou („*wave of advance*“), přinášející na naše teritorium již hotový rostlinný a živočišný genofond a z hlediska člověka jsou šířeny novým proudem obyvatelstva. Dnes je například obecně akceptováno, že tento „demický“ způsob šíření zemědělství existoval na Kypru a v Řecku [25], a pravděpodobně také na jižním Balkánu. Pokud tomu tak bylo, pak neolitický balíček rostlin, včetně ječmene, byl do těchto regionů jihovýchodní Evropy přenesen kolonisty.

Jiným způsobem se zemědělství šířilo v podstatné části středního a západního Středomoří, v západní a severní Evropě [29]. Způsob tamního šíření zemědělství je souborně zahrnován pod model postupné zemědělské adaptace (*transition to farming*). Tento způsob šíření zemědělství popsala poprvé v polovině osmdesátých let minulého století skupina badatelů s výrazným vkladem M. Zvelebila [30]. Způsob šíření je v této teorii založen na mechanismu kompetice mezi lovecko-sběračským mezolitickým způsobem života a rolnickým neolitickým hospodařením na tzv. zemědělské hranici. Zemědělský způsob života byl pro poměrně čtené a vyspělé mezolitické lovce a sběrače východiskem z krize. Ta měla několik příčin. Postupné zarůstání Evropy atlantickým lesem, ale i následné zesteptnění částí střední a východní Evropy způsobilo změnu struktury potravních zdrojů. Mezolitické komunity byly nuceny se vyrovnat s větším nebezpečím hladu, neboť při méně mobilním způsobu života v zarostlé a málo přehledné krajině, a tedy při usedlejšímu způsobu života mohla ztráta jed-

acknowledged homeland of cultural barleys. They developed from nutritiously well usable grass *Hordeum spontaneum* an ancestor of historic and today's hulled and naked varieties (Fig. 4). The key question is when and how both non-domesticated and domesticated barleys left the area of their original natural occurrence or when and how their cultural transfer occurred.

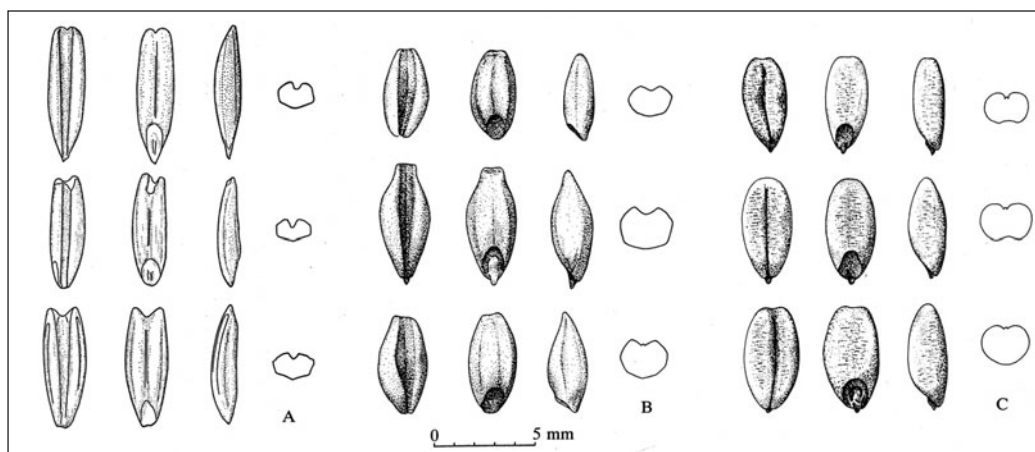
3 THE NEOLITHIC AND CULTURAL TRANSFER OF BARLEYS TO EUROPE

A very interesting and often discussed case of the introduction of barley outside the original area of its natural occurrence and domestication is a very frequent occurrence of originally purely Near Eastern crops in Cyprus and also the occurrence of these crops in the Neolithic of Turkey and Greece [24]. The oldest domesticated plants such as emmer wheat (*Triticum dicoccum*), einkorn wheat (*Triticum monococcum*) and hulled barley (*Hordeum vulgare*), together with flax (*Linum usitatissimum*) and four pulses: lentil (*Lens culinaris*), pea (*Pisum sativum*), vetch (*Vicia ervilia*), and chickpea (*Cicer arietinum*) form an original package of Neolithic crops which was further transferred from the original Near Eastern area by various means [9].

It must be also noted that very early (ca in the 6th, 5th millennium before AD) in the originating Near Eastern Neolithic society, a very complex, nearly proto-municipal social structure was established and very soon contacts exceeding regions were established and exchange of goods probably included grown plants as well. This process is documented mainly in the wild forms of grown wheats [3]. A very early occurrence of hulled barley in Cyprus (8800 – 8400 BC) is very probably connected with its transport by groups of people from the Levant, bearers of PPNB culture [24]. Roughly two thousand years later, hulled barley was already grown in the Neolithic finding sites of central Turkey and also in Greek Neolithic sites [25].

Beginnings of the Neolithic economy and transport of cultural crops including barley in Europe have been lively discussed [26]. Today there are two accepted approaches to the spread of the earliest agriculture and it must be underlined that in principle both the mechanisms may have complemented each other on regional levels. Firstly, it is a model of demic diffusion. This concept was first formulated in the 1950s when G. Childe coined a model of the Neolithic revolution (light from the east: *lux ex oriente*). Significant followers of this tradition are the Americans A. Ammermann and L. Cavalli-Sforza [27,28]. They came out from the traditional diffusion theory identifying the beginnings of European Neolithic economy with a relatively fast moving (and quickly increasing) population wave („*wave of advance*“) that brought to this territory already completed plant and animal gene resources and in aspect of man they are spread by a new stream of population. Today, for example, it is generally accepted that this „demic“ spread of agriculture existed in Cyprus and Greece [25], and probably in south Balkan as well. In this case the Neolithic package of plants, including barley, was transferred to these regions of south-east Europe by colonists.

Agriculture in a major part of the central and west Mediterranean regions and in western and northern parts of Europe spread differently [29]. The spread of agriculture here is collectively included under the model of gradual agricultural adaptation (*transition to farming*) and it was described for the first time in the later half of the 1980s by a team of researchers with a significant contribution of M. Zvelebil [30]. According to this theory the spread is based on the mechanism of competition between hunter-gathering Mesolithic way of life and Neolithic farming on a so called agricultural border. Farming was for quite numerous and advanced Mesolithic hunters and gatherers a way out of the crisis. There were several causes of the crisis. Gradual overgrowing of Europe with the Atlantic forest and subsequent covering of central and Eastern Europe with steppe



Obr. 4 Porovnání zuhelnatělých obilek divokého a domestikovaného ječmene. A – divoký ječmen (*H. spontaneum*) z epipaleolitického naleziště Mureybet, Sýrie. B – obilky domestikovaného plevnatého ječmene *H. vulgare*, ssp. *vulgare*, C – obilky nahého ječmene *H. vulgare*, var. *nudum*. Středověké vrstvy z Archsum, Německo. Podle [23] / Fig. 4 Comparison of charred caryopses of wild and domesticated barley. A – wild barley (*H. spontaneum*) from the Epipaleolithic site of Mureybet, Syria. B – caryopses of domesticated hulled barley *H. vulgare*, ssp. *vulgare*, C – caryopses of naked barley *H. vulgare*, var. *nudum*. Middle-aged layers from Archsum, Germany. According to [23]

noho potravního zdroje vyvolat negativní řetězovou reakci [30,31].

Základem tohoto modelu je idea mechanismů na tzv. zemědělské hranici. Zde vedle sebe dlouhodobě koexistoval jak mezolitický, tak neolitický způsob života. Zemědělství se mezolitikům jeví jako dlouhodobě úspěšnější a méně rizikové počínání. Jeho kulturní segmenty byly postupně mezolitiky přejímány, a to tak dlouho, než kořistnictví zcela zaniklo. Přijetí zemědělství v Evropě byl dlouhý proces. 4000–5000 let trvalo, než se zemědělská hranice posunula od řeckých ostrovů po Skandinávii. Mechanismus šíření znalosti zemědělství byl jiného typu (kompetice, výměna, křížení populací) a ve většině případů se nezakládal na přenosu prostřednictvím kolonistů. V každém případě se ječmeny šíří v jihovýchodní Evropě na počátku neolitu jako plně domestikované rostliny předovýchodního původu. Jejich další osud byl plně spojen s vývojem evropského pravěkého zemědělství.

Poděkování

Výzkum byl podporován grantem MŠMT 6007665801.

LITERATURA / REFERENCES

1. Von Bothmer, R., Jacobsen, N., Baden, C., Jorgensen, R. B., Linde-Laursen, I.: An ecogeographical study of the genus *Hordeum*, Systematic and Ecogeographic Studies of Crop Genepools 7. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, 1991.
2. Von Bothmer, R., Van Hintum, T., Knüpfer, H., Sato, K.: Diversity in Barley (*Hordeum vulgare*). Developments in Plant Genetics and Breeding 7. Amsterdam, 2003.
3. Willcox, G.: The distribution, natural habitats and availability of wild cereals in relation to their domestications in the Near East: multiple events, multiple centres, Vegetation History and Archaeobotany **14**, 2005, 534–541.
4. Saisho, D., Purugganan, M. D.: Molecular phylogeography of domesticated barley expansion of agriculture in the Old World, Genetics **177**, 2007, 1765–1776.
5. Harris, D. R.: An evolutionary continuum of people-plant interaction, in: D. R. Hartus – G. C. Hillman (eds.) Foraging and farming: the evolution of plant exploitation. London., 1989, 11–26.
6. Fuller, D.: Contrasting Patterns in Crop Domestication Rates: Recent Archaeobotanical Insights from the Old World, Annals of Botany **100**, 2007, 903–924.
7. Harris, D. R.: The origins of agriculture in southwest Asia, The Review of Archaeology **19**, 5–11, 1998.
8. Hillman, G. C., Hedges, R., Moore, A. M. T., Colledge, S., Pettit, P.: New evidence of Late Glacial cereal cultivation at Abu Hureyra on the Euphrates, The Holocene **11**, 2001, 383–393.
9. Zohary, D.: The mode of domestication of the flunder crops of southwest Asian agriculture, in: D. R. Harris (ed.), The Origin and Spread of Agriculture and Pastoralism in Eurasia, Washington, D.C., 1996, 142–158.
10. Weiss, E., Wetterstrom, W., Nadel-Bar-Yosef, O.: The broad spectrum revisited: Evidence from plant remains, Proceedings of the National Academy of Sciences **101**, 2004, 9551–9555.
11. Kislev, M. E., Nadel, D., Carmi, I.: Epipaleolithic (19,000 bp) cereals and fruit diet at Ohalo II. Sea of Galilee, Israel, Review of Palaeobotany and Palynology **73**, 1992, 161–166.
12. Kislev, M.: Early agriculture and palaeoecology of Netiv Hagdud, in: O. Bar-Yosef – A. Gopher (eds.), An early Neolithic village in Jordane Halley. Part I. The archaeology of Netiv Hagdud, American School of Prehistoric Research Bulletin **43**, Peabody Museum, 1997, 209–236.
13. Gebel, H. G.: There was no centre: The polycentric evolution of the Near Eastern Neolithic, Neolithics **1/04**, 2004, 28–32.
14. Willcox, G.: Measuring grain size and identifying Near Eastern cereal domestication: evidence from the Euphrates valley. Journal of Archaeological Science **31**, 2004, 145–50.
15. Heun, M., Schäfer-Pregl, R., Klawan, D., Castagna, R., Accerbi, M., Borghi, B., Dalmányi, F.: Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting. Science **278**, 1997, 1312–1314.
16. Nesbitt, M.: When and where did domestic cereals first occur in southwest Asia? In: Cappers RTJ / Bottema S (eds) The dawn of farming in the Near East. Berlin, 2002, 113–132.
17. Willcox, G.: Evidence for Plant Exploitation and Vegetation History from Three Early Neolithic Pre-Pottery Sites on the Euphrates (Syria). In: K.H. Behre and K. Oeggl (eds.) Early Farming in the Old World (A Special Volume of Vegetation History and Archaeobotany), 1996, 143–152.
18. Willcox, G. (2002) Charred Plant Remains from a 10th Millennium B. P. Kitchen at Jerf el Ahmar (Syria), Vegetation History and Archaeobotany **11**, 2002, 55–60.
19. Van Zeist, W., Bakker-Heeres, J. H.: Archaeobotanical studies in the Levant 1. Neolithic Sites in the Damascus Basin: Aswad Ghoraife, Ramad, Palaeohistoria **24**, 1982, 165–256.
20. Morrell, P. I., Clegg, M. T.: Genetic evidence for a second domestication of barley (*Hordeum vulgare*) east of the Fertile Crescent, Proceedings of National Academy of Sciences USA **104**, 2007, 3289–3294.
21. Badr, A., Müller, K., Schäfer-Pregl, R., El Rabey, H., Effgen, S., Ibrahim, H. H., Pozzi, C., Rohde, W., Salamini, F.: On the Origin and Domestication History of Barley (*Hordeum vulgare*), Molecular Biology and Evolution **17.4**, 2000, 499–510.
22. Meadow, R. H.: The origin and spread agriculture and pastoralism in northwest South Asia, in: D. R. Harris (ed.), The Origin and Spread of Agriculture and Pastoralism in Eurasia, Washington, DC., 1996, 390–412.
23. Zohary, D., Hopf, M.: Domestication of plants in the Old World. New York: Oxford University Press, 2000.
24. Colledge, S., Conolly, J., Shennan, S.: Archaeobotanical evidence for the spread of farming in the eastern Mediterranean, Current Anthropology **45**, 2004, S35–S58.
25. Perlés, C.: The Early Neolithic in Greece. Cambridge, 2001.
26. Beneš, J.: Environmentální archeologie a kultura s lineární keramikou v Čechách – Environmental archaeology and LBK culture in Bohemia, in: Černá, E. – Kuljavceva Hlavová, J. (eds.) 2008: Archeologické výzkumy v severozápadních Čechách v letech 2003–2007. Sborník k životnímu jubileu Zdeňka Smrže, 2008, 33–52.
27. Ammerman, A. J., Cavalli-Sforza, L. L.: A population model for the diffusion of early farming in Europe, in: C. Renfrew (ed.) The explanation of Culture Change. London, Duckworth, 1973, 343–357.
28. Ammerman, A. J., Cavalli-Sforza, L. L.: The Neolithic transition and the genetics of population in Europe. Princeton, 1984.
29. Price, D. (ed.): Europe's first farmers. Cambridge, 2006.
30. Zvelebil, M. (ed.): Hunters in Transition. Cambridge, 1986.
31. Zvelebil, M. (ed.): Mobility, contact, and exchange in the Baltic Sea basin 6000–2000 BC, Journal of Anthropological Archaeology **25.2**, 2006, 178–192.

Recenzovaný článek / Reviewed paper

Do redakce došlo / Manuscript received: 10. 1. 2011

Přijato k publikování / Accepted for publication: 7. 3. 2011