

Adaptabilität der Arten zur Umwelt

O. CHLOUPEK, P. HRSTKOVÁ und L. HOLKOVÁ

Bei der GPZ Tagung in Halle präsentierten wir (CHLOUPEK und HRSTKOVÁ, 2004) Ergebnisse über die Adaptabilität der Arten zur Umwelt, besonders in Tschechien und Deutschland. Aufgrund von Forschungen können wir nun weitere Ergebnisse präsentieren.

Nur zertifiziertes Saatgut der registrierten Sorten kann man in der EU in den Handel geben. Es werden nur solche Sorten registriert, die unterscheidbar, uniform und stabil sind. Sie müssen aber auch in mindestens einem Gebiet höhere Leistungen im Ertrag oder höhere Resistenz und Qualität haben. Adaptabilität sollte bewertet werden, die Begründung dafür ist dieser Beitrag.

Adaptabilität der Sorten ist eine Eigenschaft, wie einzelne Sorten die potentielle Fruchtbarkeit der Umgebung nutzen. Die potentielle Fruchtbarkeit an einem bestimmten Ort wird nicht nur durch den Jahrgang, sondern auch durch die Agronomie beeinflusst. Die Kulturpflanzen stammen von zehn Herkunfts- und Domestikationsgebieten (Naher Osten, China, Nordamerika, Andengebiete Südamerikas, etc). Von diesen Gebieten erfolgte die Verbreitung in andere Gebiete, wo sie sich jeweils an die dortigen Umweltbedingungen anpassen müssen. Deshalb gibt es verschiedene Adaptabilität nicht nur bei Arten, sondern auch bei Sorten. Die Adaptabilität ist das Ergebnis der Interaktion Genotyp x Umwelt und ist durch Major- und Minor-Gene reguliert. Die Major-Gene regulieren z.B. Vernalisationsbedürfnisse, Empfindlichkeit zur Tageslänge, Halbwüchsigkeit usw.

Halbwüchsigkeit ermöglichte z.B. auch Applikation von höheren Stickstoffgaben und höhere Erträge bei Gerste und Weizen. QTLs für Adaptabilität der Gerste wurden in dieser Zeit publiziert, und in der Nähe zur Ertrag- und ihrer Stabilität lokalisiert (KRAAKMAN et al., 2004). Einem anderen Beispiel zufolge führt Adaptabilität bei der Gerste

zu niedrigen Temperaturen und ist durch eine ganze Reihe von Dehydrin (Dhn) Genen reguliert. Nach unseren Ergebnissen erreichte man speziell bei Wintersorten höhere Werte bei der Beständigkeit gegenüber Frost. Bei Sommersorten wurde dies nach der Aktivierung bei zwei von zwölf untersuchten Genen festgestellt (Dhn8 und Dhn4). Zum schnellen Verlust der Erhärtung kam es, nachdem sich die Dhn8 Aktivität bei der Sommersorte Akcent schneller verringerte, als bei den Wintersorten Monaco und Okal. Höhere Aktivierung einer anderen Allele, wahrscheinlich der Dhn4 bei Winter- und mehrreihigen Sorten Okal, Kromir und Luran könnte auch mit höherer Toleranz zu größeren Frösten zusammenhängen. Folgende Analyse dieser Gene durch spezifische Primer zugehörige cDNA wies auch gleiche Allele bei anderen Wintersorten, die höhere Toleranz zu größerem Frost hatte. Adaptabilität wird meistens durch Regressionsanalyse bewertet, wo die Fruchtbarkeit von der Umgebung als durchschnittlicher Wert aller bewerteter Arten oder Sorten in verschiedenen Umgebungen (an einzelnen Standorten in einzelnen Jahren) unabhängig ist und der Ertrag konkreter Arten oder Sorten in denselben Umgebungen abhängig ist.

Adaptabile Arten oder Sorten nutzen günstige Bedingungen besser, unabhängig von der Ursache der variablen Umgebung. Regression Koeffizient r/t kleiner als 1 bedeutet hohe Ertragsstabilität und 1 Adaptabilität zur Fertilität der Umgebung, r/t größer als 1 bedeutet kleine Stabilität, hohe Reaktion und Fruchtbarkeit der Umgebung. In dieser Weise bewerteten wir die Adaptabilität in EU15 und in USA von Daten für 1961-2003, die am www.fao.org zugänglich sind.

Adaptabilität der Arten in Europa und USA

Genauso wie in Tschechien in den letzten 75 Jahren, korreliert auch in den bei-

den Regionen in den letzten 23 Jahren die Adaptabilität eng mit dem Ertragszuwachs bei 26 Arten (Korrelationskoeffizient betrug für die 26 Arten in beiden Regionen 0,999***). Höchste Ertragssteigerung in EU15 zeigten Hülsenfrüchte, Mais, Rispenhirse und Weizen (im Durchschnitt 3,8 bis 2,4% jährlich), aber in den USA Erdbeere, Tomate, Birne und Walnuss (4,2 bis 2,0%). Ähnliche Adaptabilität in beiden Regionen hatten Gerste, Kohl, Möhre, Hopfen, Senf, Hafer, Pfirsich, Kartoffel, Sonnenblume und Tomate. Höhere Adaptabilität in EU15 als in den USA zeigten Mais, Rispenhirse, Erbsen, Hülsenfrüchte, Reis, Hirse, Sojabohnen, Zuckerrübe und Weizen; dagegen in den USA Apfel, Blumenkohl, Birne, Reis, Spinat, Erdbeere und Walnuss. Wir bewerteten auch die Adaptabilitätsgröße bei europäischen Hauptarten in Österreich, Tschechien, EU15, Frankreich, Deutschland, Ungarn, Italien, Niederlande, Polen, Rumänien, und das Gebiet der früheren Sowjetunion, Spanien und Großbritannien.

Die Ergebnisse sind in *Tabelle 1* dargestellt (Werte der Adaptabilität, die nicht signifikant verschieden sind, werden durch gleiche Buchstaben gekennzeichnet).

Aus der *Tabelle 2* ist ersichtlich, dass in Europa bei Hülsenfrüchten, Mais und Weizen die größere Adaptabilität festgestellt wurde, als bei Zuckerrübe und wahrscheinlich auch bei Raps, Weinrebe und Hopfen.

Es wurde auch bewertet, wo die Arten am besten und wo am niedrigsten adaptiert sind, dies wird in *Tabelle 3* gezeigt.

In *Tabelle 3* ist zu sehen, dass in den Ländern eine hohe Adaptabilität besteht, wo die Erträge hohe Werte erreichen und umgekehrt.

In 13 europäischen Ländern wurde eine Ähnlichkeit der Adaptabilität bei acht Hauptarten, die in allen Ländern angebaut wurden, festgestellt. Die Werte, ihre

Autoren: Prof. Oldrich CHLOUPEK, Dr. Pavlína HRSTKOVÁ und Dr. Ludmila HOLKOVÁ, Mendel Universität für Land- und Forstwirtschaft, Zemedelská 1, CZ-613 00 BRNO, cloupek@mendelu.cz



Tabelle 1: Ertragssteigerung und Adaptabilität der 26 Arten in EU15 und in USA von 1961-2003 (43 Jahre)

Art	EU15				USA				
	A	B	C	D	A	B	C	D	E
Apfel	29.14	-219	-0.75	-0.49 ^{bc}	21.16	314	1.48	1.20 ^{hij}	-
Gerste	3.66	46	1.27	1.09 ^{hi}	2.64	32	1.21	0.99 ^{gh}	0
Kohl	25.30	174	0.69	0.60 ^{ef}	19.99	149	0.75	0.59 ^{cd}	0
Möhre	36.01	460	1.28	1.09 ^{ghi}	31.00	360	1.16	0.93 ^{efg}	0
Blumenkohl	16.85	-34	-0.20	-0.17 ^c	12.77	183	1.43	1.13 ^{ghij}	-
Hopfen	1.60	-1	0.00	-0.03 ^{cd}	1.96	6	0.30	0.23 ^b	0
Mais	5.92	164	2.78	2.35 ^m	6.40	110	1.72	1.41 ⁱ	+
Rispenhirse (Millet)	2.59	66	2.53	2.19 ^{lmn}	1.36	7	0.51	0.49 ^{bcd}	+
Senf	1.39	3	0.24	0.24 ^{de}	0.95	1	0.00	-0.01 ^a	0
Hafer	2.93	27	0.94	0.82 ^{fg}	1.92	13	0.68	0.57 ^{cd}	0
Pfirsich	13.11	147	1.12	0.99 ^{ghi}	15.24	117	0.77	0.62 ^{ede}	0
Birne	20.28	-182	-0.90	-0.66 ^b	23.88	529	2.21	1.78 ^k	-
Erbse	3.17	70	2.22	1.91 ^{klm}	2.09	26	1.26	1.05 ^{defghi}	+
Kartoffel	25.66	442	1.72	1.46 ^{jk}	31.10	479	1.54	1.21 ^{ij}	0
Hülsenfrüchte	1.81	69	3.83	3.16 ⁿ	1.61	14	0.87	0.70 ^{de}	+
Reis	5.56	42	0.75	0.64 ^{ef}	5.67	69	1.21	0.94 ^{fg}	-
Roggen	3.14	65	2.06	1.74 ^{kl}	1.60	11	0.69	0.58 ^{cd}	+
Hirse (Sorghum)	4.34	98	2.25	1.93 ^l	3.59	27	0.75	0.67 ^{cdef}	+
Sojabohne	2.43	49	2.02	1.69 ^{kl}	2.07	25	1.20	0.99 ^{gh}	+
Spinat	15.00	90	0.60	0.50 ^e	13.69	197	1.44	1.12 ^{ghi}	-
Erdbeere	14.09	124	0.88	0.78 ^{fg}	23.66	989	4.18	3.26 ⁱ	-
Zuckerrübe	46.31	643	1.39	1.18 ⁱ	44.48	234	0.53	0.45 ^{bc}	+
Sonnenblume	1.29	17	1.35	1.18 ^{ghij}	1.26	12	0.96	0.82 ^{defg}	0
Tomate	41.06	941	2.29	1.91 ^l	47.03	1054	2.24	1.76 ^k	0
Walnuss	4.39	-126	-2.86	-2.17 ^a	2.38	48	2.04	1.62 ^{jk}	-
Weizen	4.08	99	2.43	2.07 ^{lm}	2.28	26	1.14	0.92 ^{efg}	+
Durchschnittliche Adaptabilität	1.00 +/- 1.123				1.00 +/- 0.634				

A - Durchschnittlicher Ertrag 1961-2003 (t/ha)

B - Durchschnittliche Ertragssteigerung pro Jahr (kg/ha) als Regressionskoeffizient mit Zeit (alle Werte sind signifikant mit Ausnahme von Hopfen in EU und Senf in EU und USA)

C - Ertragssteigerung vom durchschnittlichen Ertrag (% B von A)

D - Adaptabilität der Arten innerhalb EU15 und innerhalb USA. Die Werte, die mit gleichen Symbolen gekennzeichnet sind, sind nicht voneinander signifikant verschieden (P 0.05)

E - Vergleich der Adaptabilität in EU15 mit USA (+ signifikant /P 0.05/ höhere Werte in EU15, - signifikant niedrigere in EU15 als in USA, 0 ohne signifikante Differenzen)

Tabelle 2: Durchschnittliche Adaptabilität wichtiger Arten in einigen europäischen Ländern

Art	Anzahl der Länder	durchschnittliche Adaptabilität
Hülsenfrüchte	13	1,34 c
Mais	11	1,30
Weizen	13	1,26 bc
Roggen	13	1,20 abc
Erbse	13	1,18 abc
Gerste	13	1,08 abc
Hafer	13	0,97 abc
Kartoffel	13	0,89 ab
Zuckerrübe	13	0,79 a
Raps	12	0,78
Weinrebe	9	0,65
Hopfen	10	0,31

Biologie und Agronomie wurden ähnlicher, was in *Abbildung 1* zu sehen ist: Gerste mit Hafer, Roggen mit Weizen und Kartoffeln mit Zuckerrübe. Verschiedene Werte erreichte die Adaptabilität bei den Hülsenfrüchten.

In *Tabelle 3* ist zu sehen, dass Weizen die besten Werte in den Niederlanden, Großbritannien und Frankreich erreichte, wo auch die größte Ertragssteigerung verzeichnet wurde. Und umgekehrt, niedrige Adaptabilität und Ertragswachstum wurden in den Gebieten der ehema-

ligen Sowjetunion, in Italien und Rumänien festgestellt. Bemerkenswert ist auch die hohe Adaptabilität von Raps in Frankreich, Tschechien und Deutschland.

Ebenfalls in *Abbildung 2* ist ersichtlich, dass in den Jahren, in denen der durchschnittliche Ertrag der 13 bewerteten Länder etwa 2,2 t/ha erreichte, der Ertrag in den Niederlanden fast 4 t/ha, in Deutschland 3 t, in Tschechien etwa 2,7 t, in Polen 2 t, in EU15 fast 2 t, in der ehemaligen Sowjetunion etwa 1 t und in

Spanien weniger als 1 t/ha betragen hat. Die hohen Erträge in den Niederlanden und Deutschland sind wichtig, weil sie sowohl in fruchtbaren Jahren, als auch in nicht fruchtbaren Jahren, im Vergleich zu den allen 13 bewerteten Ländern, und auch im Vergleich zu EU15 stehen. Das ist der Beweis für die allgemeine Adaptabilität von Weizen in den beiden Ländern in fruchtbarer und nicht fruchtbarer Umgebung.

Interessant ist auch der Vergleich der Weizenerträge in EU15 und in Tschechien, wo im Durchschnitt ähnliche Erträge über die ganze Periode erzielt wurden (4,08 und 4,01 t/ha). So wurden in unfruchtbaren Jahren höhere Erträge in Tschechien als in den EU15 erzielt, was man als spezifische Adaptabilität von Weizen in Tschechien in weniger fruchtbaren Jahren bezeichnen kann. Gab es in Europa fruchtbare Jahre (fast 5 t), dann wurden in den EU15 höhere Erträge als in Tschechien erzielt. Das ist wahrscheinlich mit begrenzter finanzieller Zugänglichkeit, den Düngemitteln und Pestiziden in Tschechien verbunden. Mit Hilfe unserer Methode verglichen wir

Tabelle 3: Länder mit der größten und niedrigsten Adaptabilität für 12 Arten im Zeitraum von 1961-2003 (von 13 europäischen Ländern, einschließlich EU15)

Art	Anzahl der Länder	Länder mit der größten Adaptabilität	Länder mit der niedrigsten Adaptabilität
Weizen	13	N 1.71, UK 1.62, F 1.62	SU 0.26, I 0.45, R 0.45
Roggen	13	UK 1.91, F 1.58, G 1.55	P 0.41, S 0.45, SU 0.53
Gerste	13	F 1.82, G 1.44, I 1.32	SU 0.30, S 0.57, R 0.67
Hafer	13	UK 2.07, F 1.66, G 1.50	SU 0.36, R 0.41, S 0.51
Mais	11	S 1.65, EU 1.46, I 1.44	SU 0.13, R 0.29, H 0.73
Hülsenfrüchte	13	F 3.08, EU15 2.04, G 1.22	S 0.04, SU 0.30, I 0.56
Erbse	13	F 2.04, EU15 2.01, I 1.68	R 0.11, SU 0.26, S 0.30
Raps	12	F 1.82, CZ 1.62, G 1.61	R 0.08, SU 0.14, I 0.39
Zuckerrübe	13	F 2.04, S 1.96, EU15 1.35	SU 0.07, R 0.12, P 0.58
Kartoffel	13	F 1.83, G 1.69, UK 1.61	SU 0.07, P 0.15, R 0.43
Hopf	10	S 1.78, G 1.42, EU15 1.34	SU -0.69, CZ 0.81, R 0.89
Weintrauben	9	CZ 1.34, H 1.26, I 1.22	S 0.59, SU 0.63, EU15 0.78

A - Österreich, CZ - Tschechien, EU15, F - Frankreich, D - Deutschland, H - Ungarn, I - Italien, N - Niederlande, P - Polen, R - Rumänien, SU - ehemaliger Sowjetunion, S - Spanien und UK - Vereinigtes Königreich.

Die durchschnittliche Adaptabilität für jede Art beträgt 1.

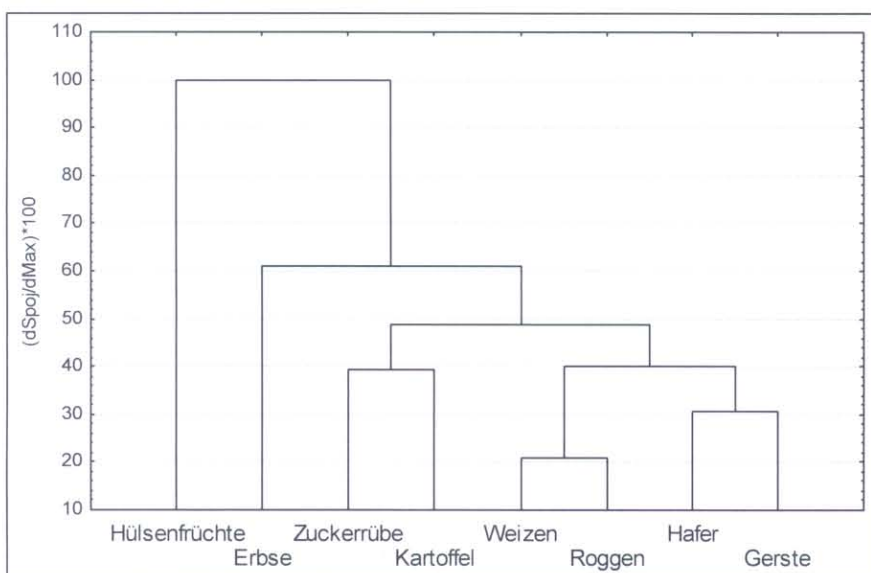


Abbildung 1: Ähnlichkeit der Adaptabilität von acht Hauptfrüchten in Europa

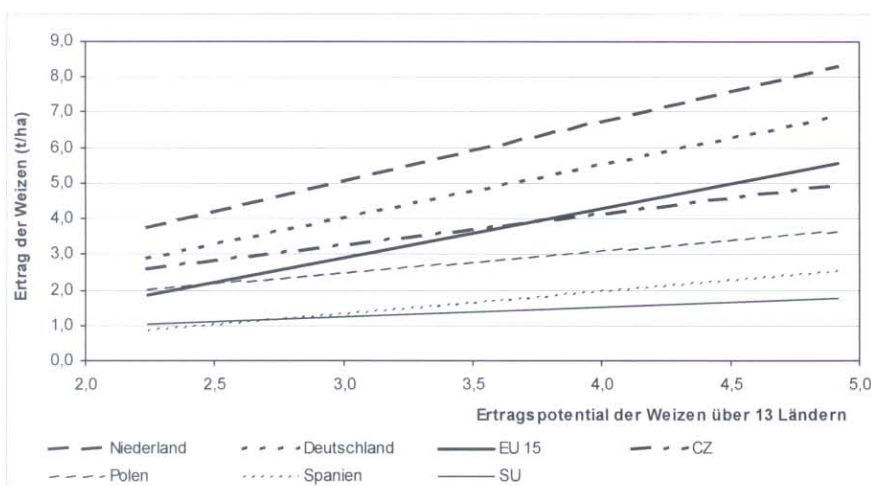


Abbildung 2: Adaptabilität von Weizen in einigen von 13 bewerteten europäischen Ländern von 1961-2003

auch die Adaptabilität in den 13 oben genannten Ländern (einschließlich EU 15) bezüglich aller acht Hauptfrüchte, die in allen Ländern angebaut wurden.

In *Abbildung 3* ist zu sehen, dass die Adaptabilität der acht Hauptarten in den bewerteten Ländern ähnlicher wurde, desto ähnlicher in den Ländern natürliche, agronomische und technologische Bedingungen wurden. Das beweist die Eingliederung von Tschechien, Ungarn und Österreich in eine Gruppe, der Niederlande und Deutschland in eine zweite Gruppe, Rumänien, die ehemalige SU und Polen in die dritte Gruppe, usw.

Wir studierten in unserer Arbeit die Adaptabilität der 26 Arten in 43 Jahren (1961-2003). Die Adaptabilität wurde in diesem Raum beeinflusst durch:

- das sehr unterschiedliche Wetter in einzelnen Jahrgängen
- Anbautechnologie, die von Jahr zu Jahr nur langsam wechselt
- Unterschiede in Phänotypexpression, die durch Interaktion Genotyp x Umwelt bedingt ist

Standorte, Jahrgänge und ihre Interaktion sind Hauptfaktoren, die den Ertrag in polyfaktoriellen Versuchen beeinflussen, was auch hier die präsentierten Werte der Adaptabilität zeigen. Die Werte der Adaptabilität werden aber auch durch geeignete Sorten und der Anbautechnologie beeinflusst, was die festgestellte Korrelation zwischen der Adaptabilität und dem Ertragswachstum (0,712*) zeigt. Dies kann man durch genetische *linkage* zwischen Genen für Ertrag und Adaptabilität (KRAAKMAN, 2004) bestätigen.

Es ist interessant, dass heutige Adaptabilität nicht immer mit Herkunft der Ar-

ten zusammenhängt. Mais stammt z.B. von Amerika, aber höhere Adaptabilität wurde in Europa gefunden. Dagegen, Erbse, Hülsenfrüchte, Roggen, Zuckerrübe und Weizen mehr an Europäische Bedingungen adaptiert wurden und auch von Euro-Asien stammen. In der EU15 hatten die Pflanzen höhere Adaptabilität, die schon lange domestiziert sind und deshalb genug Zeit hatten sich anzupassen (besonders Hülsenfrüchte und Getreidearten). In USA hingegen wurden mehr Arten adaptiert, die kürzere Zeit angebaut werden, vor allem Gartenarten. Hülsenfrüchte und Getreidearten sind schon mehrere tausend Jahre in Europa angebaut worden, Gerste und Erbse mehr als 9000 Jahre, Weizen 7000 Jahre usw. Die Mehrheit der 26 bewerteten Arten wird im Gegensatz erst ein paar hundert Jahre in Amerika angebaut.

Es ist möglich, dass die Arten, die intensiver gezüchtet werden (sie haben deshalb mehrere Sorten) und/oder sind länger im Anbau, und/oder sind generativ vermehrt, in Europa eine höhere Adaptabilität als in den USA hatten. Das aber gilt nicht immer, z.B. in Tschechien zeigten Sorten der Wintergerste höhere Adaptabilität als die Sommersorten. Die Wintersorten sind nur kürzere Zeit angebaut worden und überwintern jedes Jahr nicht gut; ihre längere Vegetation ist aber Voraussetzung für bessere Nutzung der Umwelt und der agronomischen Bedingungen.

In internationalem Vergleich wurde niedrige Adaptabilität der Arten mit niedrigem Ertragsniveau verbunden. Geeignete Sorten und entsprechende Agronomie können deshalb auch die Adaptabilität verbessern. Adaptierte Arten sind aber empfindlicher zu Umweltveränderungen, zu Agronomie, an neue Sorten und ihre gegenseitige Interaktionen. Informationen über Adaptabilität der registrierten Sorten betrachten wir deshalb als wichtige Hinweise für Produzenten. Jener Produzent, der hohe Erträge plant und im Stande ist, ihnen nötige Pflege, Nährstoffe und Schutzmitteln zur Verfügung zu stellen, wird Sorten mit höherer Adaptabilität bevorzugen. Aber der Produzent, der z.B. nur teilweise in der Landwirtschaft tätig ist, ihm fehlt deshalb auch Zeit, Kenntnis und Geld für den nötigen Schutz und die

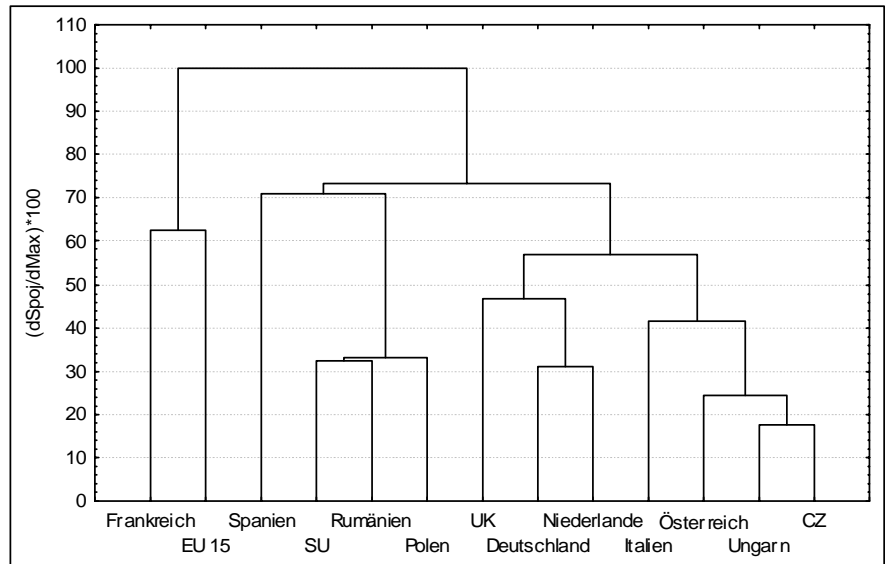


Abbildung 3: Ähnlichkeit der natürlichen und landwirtschaftlichen Umgebung, basiert an Werten der Adaptabilität der acht Hauptfrüchte, die in Abbildung 1 angegeben sind, und in allen 13 Ländern an großer Mehrheit der landwirtschaftlichen Fläche angebaut werden (1961-2003)

Düngung, wird wahrscheinlich Sorten mit niedrigerer Adaptabilität bevorzugen. Es ist aber unserer Pflicht diese Kenntnisse zu vermitteln.

Selektion an Adaptabilität mit Hilfe der Wurzelsystemgröße (WSG)

Zur Erhöhung der Adaptabilität durch Züchtung kann auch das Selektionskriterium WSG beitragen. Wir konnten QTLs für WSG in Kopplung mit Ertrag, Pflanzenhöhe usw. bei Gerste kartieren. WSG wurde mit zwei *semi-dwarf genes* gekoppelt, eines vergrößerte es, das andere verkleinerte es. Der Vergleich der Genotypen in Feldversuchen zeigte einen allgemeinen Trend zur Vergrößerung der WSG von wilden Formen über Landsorten zu modernen Sorten (CHLOUPEK, FORSTER, THOMAS, im Druck, Th. Appl. Gen.). WSG wurde deshalb im Domestikations- und Züchtungsprozess, obwohl unabsichtlich, eingebunden. Pflanzen mit größerer WSG können besser Umweltstress tolerieren, wie unsere Züchtung von Luzerne (CHLOUPEK et al. 1999) und Weißklee zeigt.

Während der drei Zyklen der rekurrenten phenotypischen Selektion bei Weißklee an oberirdische Masse, Umfang der Wurzeln und WSG erreichten wir Sorten mit größerer Adaptabilität. Es wurde in 33 Umwelten in 5 Jahren gefunden (CHLOUPEK et al. 2003),

genauso im Vergleich mit den Standardsorten ($r = 1,12$), als auch mit Elternsorten ($r = 1,14$).

Weil bisher mit Ausnahme der Wurzelfrüchte nicht absichtlich WSG als Selektionskriterium benutzt wurde, und weil es könnte Limit der Produktivität und Adaptabilität darstellen, erwarten wir schneller Fortschritt. Deshalb möchten wir mit Kollegen von Dundee ein Projekt für das 7. Rahmenprogramm der EU vorbereiten. Es sollte e.g. *Better utilization of available water and nutrients through breeding for greater root system size* heißen. Die englischen Kollegen möchten Mutanten, wir Rekombinante mit Hilfe von molekularen Markern der Gerste suchen. Sorten mit größerer WSG könnten auch besser Wassermangel im Zusammenhang mit Globalerwärmung tolerieren und auch besser Nährstoffe nutzen. Gern möchten wir auch mit anderen Kollegen aus Süd- und Mitteleuropa zusammenarbeiten.

Zusammenfassung

In fast allen bewerteten Ländern hing Ertragswachstum in den letzten Jahrzehnten mit ihrer Adaptabilität zur natürlichen und agronomischen Umwelt zusammen. In den Niederlanden und Deutschland brachte Weizen hohe Erträge ohne Rücksicht auf den durchschnittlichen Ertrag in Europäischen Ländern

was auf allgemeine Adaptabilität hinweist. In Tschechien und EU15 wurden ähnliche durchschnittliche Weizenenerträge festgestellt, in Tschechien besonders in potentiell unterdurchschnittlich fertilen Jahren, aber in EU15 umgekehrt in fertilen Jahren (spezifische Adaptabilität). Gut adaptierte Arten und Sorten zeigen gute Reaktion in potentiell fertiler Umgebung und bei intensivem Input. Mit Hilfe der Koeffizienten der Adaptabilität wurden nicht nur Arten mit ähnlicher Biologie und Anbautechnologie, sondern auch Länder mit ähnlichem Niveau der Umgebung und Agronomie gruppiert. Wir empfehlen deshalb auch eine Bewertung der Sorten für ihre Adaptabilität. Die Adaptabilität könnte durch Züchtung größerer Wurzelsysteme erhöht werden, das zeigte unsere Züchtung von Weißklee. Dazu könnten bei Gerste auch molekulare Marker benutzt werden.

Die Forschung wurde von Landwirtschaftsministerium der Tschechischen Republik finanziell unterstützt (NAZV QF 3191) und teilweise in *Theoretical and Applied Genetics* (2005) publiziert.

Literatur

- BANZIGER, M. and M. COOPER, 2001: Breeding for low input conditions and consequences for participatory plant breeding: Examples from tropical maize and wheat. *Euphytica* 122: 503-519
- BONFIL, D.J. and U. KAFKAFI, 2000: Wild wheat adaptation in different soil ecosystems as expressed in the mineral concentration of the seeds. *Euphytica* 114: 123-134
- BRAUN, H.J., S. RAJARAM and M. Van GINKEL, 1996: CIMMYT's approach to breeding for wide adaptation. *Euphytica* 92: 175-183
- CHLOUPEK, O., M. SKÁCEL and J. EHRENBARGEROVÁ, 1999: Effect of divergent selection for root size in field-grown alfalfa. *Can. J. Plant Sci.* 79: 93-95
- CHLOUPEK, O., J. EHRENBARGEROVÁ, W. OPITZ von BOBERFELD and P. RÍHA, 2003: Selection of white clover (*Trifolium repens* L.) using root traits related to dinitrogen fixation. *Field Crop Res* 80: 57-62
- CHLOUPEK O., P. HRSTKOVÁ and P. SCHWEIGERT, 2004: Yield and its stability, crops diversity, adaptability and response to climate changes, weather and fertilization over 75 years in the Czech Republic in comparison to some European countries. *Field Crops Research* 85: 167-190
- CHLOUPEK, O. und P. HRSTKOVÁ, 2004: Adaptabilität der Arten zu Jahrgängen. *Vorträge für Pflanzenzüchtung* 63: 59-67
- CHLOUPEK, O. and P. HRSTKOVÁ, 2005: Adaptation of crops to environment. *Theor Appl Genet* (in press)
- De CARVALHO, H.W.L., M.D.D. LEAL, M.J. CARDOSOS, M.X. Dos SANTOS, J.N. TABOSA, B.C.L. De CARVALHO and M.A. LIRA: Adaptability and stability of maize cultivars in the Brazilian Northeast region from 1998-2000, *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 37: 1581-1588
- DENCIC, S., R. KASTORI, B. KOBILJSKI and B. DUGGAN, 2000: Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica* 113: 43-52
- DENISON, R.F. and E.T. KIERS, West SA, 2003: Darwinian agriculture: When can humans find solutions beyond the reach of natural selection? *Quarterly Review of Biology* 78: 145-168
- DIAMOND, J., 2002: Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature* 418: 700-707
- EBERHART, S.A. and W.A. RUSSELL, 1966: Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40
- FARSHADFAR, E. and J. SUTKA, 2003: Locating QTLs controlling adaptation in wheat using AMMI model. *Cereal Res Commun* 31: 249-256
- FINLAY, K.W. and G.N. WILKINSON, 1963: The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust J Agric Res* 14: 742-754
- HANSON, H., N.E. BORLAUG and R.G. ANDERSON, 1982: *Wheat in the third world*. CIMMYT, Westview Press, Boulder, Colorado, USA
- HANUS, H., 1997: Historische Entwicklung, Bedeutung und Grundsätze des Pflanzenbaues. S. 20., *Handbuch des Pflanzenbaues 1* (ed. Keller, Hanus, Heyland) Verlag Ulmer
- HARLAN, J.R., 1992: Origin and processes of domestication, Chapman GP (ed) *Grass evolution and domestication*. Cambridge Univ Press, 159-175
- HOLLAND, J.B., A. BJORNSTAD, KJ. FREY, M. GULLORD and DM. WESENBERG, 2002: Recurrent selection for broad adaptation affects stability of oat. *Euphytica* 126: 265-274
- JIANG, C., G.O. EDMEADES, I. ARMSTEAD, H.R. LAFITTE, M.D. HAYWARD and D. HOISINGTON, 1999: Genetic analysis of adaptation differences between highland and lowland tropical maize using molecular markers. *Theor Appl Genet* 99: 1106-1119
- KRAAKMAN, T.W., R.E. NIKS and P. Van Den BERG et al., 2004: Linkage disequilibrium mapping of yield and yield stability in modern spring barley cultivars. *Genetics* 168: 435-446
- KATO, K., H. MIURA and S. SAWADA, 2000: Mapping QTLs controlling grain yield and its components on chromosome 5A of wheat. *Theor Appl Genet* 101: 1114-1121
- KRAAKMAN, A.T.W., R.E. NIKS, P. Van Den BERG, P. STAM, F.A. Van EEUWIJK, 2004: Linkage disequilibrium mapping of yield and yield stability in modern spring barley cultivars. *Genetics* 168: 435-446
- ORTIZ, R., W.W. WAGOIRE, J. HILL, S. CHANDRA, S. MADSEN and O. STOLEN, 2001: Heritability of and correlations among genotype-by-environment stability statistics for grain yield in bread wheat. *Theor Appl Genet* 103: 469-474
- TROYER, A.F., 2003: Background of US hybrid corn II: Breeding, climate, and food. *Crop Sci* 44: 370-380

