



ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS



VOLUME 55.

NUMBER 2.

**Mosonmagyaróvár
2013**

UNIVERSITY OF WEST HUNGARY
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Mosonmagyaróvár
Hungary

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
Mosonmagyaróvári
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Közleményei

Volume 55. Number 2.

**Mosonmagyaróvár
2013**

Editorial Board/Szerkesztőbizottság

Benedek Pál DSc	Porpáczy Aladár DSc
Hegy Judit PhD	Reisinger Péter CSc
Kovács Attila József PhD	Salamon Lajos CSc
Kovácsné Gaál Katalin CSc	Schmidt János MHAS
Kuroli Géza DSc	Schmidt Rezső CSc
Manninger Sándor CSc	Tóth Tamás PhD
Nagy Frigyes PhD	Varga László PhD
Neményi Miklós CMHAS	Varga-Haszonits Zoltán DSc
Pinke Gyula PhD	Varga Zoltán PhD <i>Editor-in-chief</i>

Reviewers of manuscripts/A kéziratok lektorai

Acta Agronomica Óváriensis Vol. 55. No. 1–2.:

Anda Angéla, Hancz Csaba, Kalmár Sándor, Kovács Attila, Manninger Sándor, Müller Tamás, Neményi Miklós, Nyárs Levente, Rajkai Kálmán, Schmidt Rezső, Szabó Ferenc, Szabó László Gyula, Szász Gábor, Szűcs István, Takácsné György Katalin, Tell Imre, Toldi Gyula

Linguistic checking of manuscripts by/A kéziratok anyanyelvi lektorai

Acta Agronomica Óváriensis Vol. 55. No. 1–2.:

Richard von Fuchs, Matthew Hayes, Smriti Singh

Address of editorial office/A szerkesztőség címe

H-9201 Mosonmagyaróvár, Vár 2.

Publisher/Kiadja

University of West Hungary Press/Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.



Az őszi búza virágzási és érési időpontjainak előrejelzése hosszú fenológiai adatsorok alapján

VARGA-HASZONITS ZOLTÁN – VARGA ZOLTÁN

Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Matematika, Fizika és Informatikai Intézet
Agrometeorológiai Intézeti Tanszék
Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

A meteorológiai viszonyok és az őszi búza fejlődése közötti kapcsolatot leíró modell fejlesztésének első lépéseként megvizsgáltuk, hogy kizárólag fenológiai adatok felhasználásával milyen pontosságú módszer dolgozható ki. E munkánkban azt elemeztük, hogy az őszi vetési és kelési időpontok alapján milyen pontossággal lehetséges a virágzás és érés időpontjának előrejelzése. Úgy véltük ugyanis, hogy kis bemenő adatigényű és viszonylag távoli fenológiai jelenségek között kapcsolatot teremtő módszerünk segítségével – annak megfelelő használhatósága esetén – széles körben lehetőség nyílna a gyakorlat számára fontos fejlődési jelenségekkel kapcsolatos megalapozott döntések kellő időben való meghozatalára. Az ország különböző területeit reprezentáló 7 állomás 30 évnél hosszabb fenológiai adatsorait használtuk fel vizsgálatainkban. A korrelációs koefficiensek és a hibaszórások vizsgálata azt mutatja, hogy az így kapott eredményeknek a gyakorlati használhatósága – viszonylag csekély adatigényük ellenére – nem rosszabb az általánosan alkalmazott növényfejlődési modellekkel kapottaknál.

Kulcsszavak: őszi búza, virágzás, érés, fenológia, előrejelzés, hibaszórás.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A növények fejlődését, legalábbis a fejlődés szemmel leginkább megfigyelhető jelenségeit az ember régóta ismeri. A gazdasági növények többségénél a kelés, a virágzás és az érés az a három legfontosabb fejlődési jelenség, amelynek alapján a növény fejlettségi állapotát meg szokták ítélni (*Goudriaan és van Laar* 1994). Ezek a külső, környezeti tényezők szempontjából is kiemelkedő fontosságúak, hiszen a csírázás idején (a vetés és kelés közötti szakaszban) a növény magállapotban a talajban van, s ekkor a talaj viszonyai (elsősorban a hőmérséklete és nedvességtartalma) vannak rá hatással. A kelés és a virágzás közötti időszak a vegetatív fejlődés időszaka, amelynek a végén, a folyamatos növekedési és dif-

ferenciálódási folyamatok végeredményeként a növény felveszi a fajra és fajtára jellemző alakot és nagyságot, s végül a virágzás és az érés közötti időszak, a reprodukív időszak, amelynek során a növény létrehozza utódait, így biztosítva a faj fennmaradását. A virágzás és érés időpontjának – megfelelő pontosságú – előzetes ismerete fontos lehet a gazdálkodók számára a mezőgazdasági munkák tervezéséhez.

Az őszi búza esetében a vetés időpontja nagymértékben az emberi tevékenységtől függő jelenség. A kelést is befolyásolja a vetés időpontja, részben azzal, hogy mikor és milyen talajviszonyok között történik a vetés, részben pedig azzal, hogy a vetés utáni időszakban kialakuló meteorológiai viszonyokkal van kapcsolatban a növény. A tavasszal bekövetkező fenológiai jelenségek pedig függenek attól, hogy az őszi folyamán választott vetési időpont és az ezt követő kelési időpont időben mikor zajlott le.

A növényfenológiai jelenségek bekövetkezésének ismerete fontos elméleti szempontból, mert a növényekre gyakorolt külső környezeti hatások megítéléséhez mindenekelőtt azt kell tudnunk, hogy a növény milyen fejlettségi állapotban van. A fejlettségi állapot numerikus formában adja meg a növény fiziológiai korát, amelyhez morfológiai jelenségek kapcsolódnak (Penning de Vries *et al.* 1989). Emellett a fejlettségi állapot nem egyszerűen csak az idő által meghatározott kort fejez ki, mert egyes környezeti tényezők, mint pl. a hőmérséklet felgyorsíthatják vagy lelassíthatják a növény fejlődésének ütemét, s ennek megfelelően ugyanabba a fejlettségi állapotba hol korábbi, hol pedig későbbi időpontban ér el.

Különösen fontos ebből a szempontból a kelés–virágzás időszak, amely a növény fejlődésének vegetatív szakaszát foglalja magába. A legismertebb növényi szimulációs modellek (Weir *et al.* 1984, Ritchie *et al.* 1985, Williams *et al.* 1989, van Laar *et al.* 1997, van Oijen és Laffelaar 2008) a fejlődési ütemet az effektív hőmérsékleti összeg alapján meghatározott módon számítják. A fejlődési ütem-értékek összegzésével pedig a fejlettségi állapotot adják meg. Ezen egyes kutatók úgy próbáltak javítani, hogy a hatótényezők közé további környezeti tényezőket (nappalhosszúság, vernalizáció) vontak be, de így is legfeljebb 6–8 napos pontossággal tudják előrejelezni az őszi búza tavaszi fenofázisainak bekövetkezési idejét (McMaster és Smika 1988, van Bussel *et al.* 2011). Wang és Engel (1998) a maximális fejlődési ütemet, vagyis a legrövidebb kelés–virágzás időtartam reciprokát is figyelembe vették a fejlődési ütem számításakor.

Ez adta azt az ötletet, hogy megvizsgáljuk, csakis fenológiai összefüggések alapján milyen pontossággal lehetne előrejelezni a kelés–virágzás (illetve a kelés–érés) időszak hosszát. Jelen munkánkban tehát ezt elemeztük. Ez ugyanis alapja lehet egy későbbi, a meteorológiai tényezők hatását figyelembe vevő összefüggésen alapuló modell kifejlesztésének.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A növények fejlődése a vegetatív szervek és a reprodukív növényi szervek megjelenési dátumával és megjelenésük ütemével jellemezhető. A növényi szervek megjelenési sorrendje a fajok között változhat, de a fajon belül lényegében változatlan, mert e sorrend genetikailag determinált. A növényi szervek megjelenésének üteme azonban erősen függ a környezeti körülményektől és ennek megfelelően erősen változó (Penning de Vries *et al.* 1989). Ezért

vizsgáltuk meg hosszú őszi búza fenológiai adatsorokon, hogy az őszi vetési időpont és a kelési időpont alapján milyen pontossággal határozható meg a tavaszi virágzási és érési időpont.

Hazánkban a fajtakísérleti állomásokon már hosszabb idő óta folynak fenológiai megfigyelések. Az őszi búzára vonatkozóan 7 olyan megfigyelőhely van, ahol több mint 30 éves adatsorral rendelkezünk. Ezek: Mosonmagyaróvár, Szombathely, Iregszemcse, Tordas, Kompolt, Debrecen és Székkutas. Későbbi vizsgálatainkban a megfigyelőhelyek közelében fekvő meteorológiai állomások adatait tervezzük felhasználni a növény és a meteorológiai viszonyok közötti kapcsolat számítására. Ebből a szempontból érdemes tudni, hogy két olyan megfigyelő hely van, ahol a megfigyeléseket nem a megadott helységen belül, hanem egy ahhoz közeli helyen végezték. Ez a két állomás Tordas, amelyhez Martonvásár meteorológiai adatait használhatjuk és Székkutas, amelynél Szeged meteorológiai adatait vehetjük figyelembe.

A fajtakísérleti állomásokon és az Országos Meteorológiai Szolgálat által azonos vagy közeli helyen működtetett fenológiai állomásokon végzett megfigyeléseket egyetlen hosszú adatsorba egyesítettük. Ezen megfigyelőállomások adatait a Nyugat-magyarországi Egyetem mosonmagyaróvári Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának agroklimatológiai adatbankja tartalmazza.

A felsorolt megfigyelőállomásokon a rendelkezésünkre álló hosszú fenológiai sorok segítségével a vetési és a kelési időpont alapján meghatároztuk a kelés–virágzás és a kelés–teljes érés időszak hosszát. Az összefüggések pontosságát a hibák szórása alapján ítéltük meg (Varga-Haszonits 1977). Minél kisebb a hibaszórás, annál pontosabb az összefüggés. S ugyanígy, minél nagyobb gyakorisággal fordulnak elő a kisebb hibák, annál sikeresebb az előrejelzés.

Ez a növényfejlődési modellekben általánosan használt verifikációs módszer az alábbi módon határozható meg (Varga-Haszonits 1977, Janssen és Heuberger 1995, Streck et al. 2003):

$$S_{\text{HIBA}} = \sqrt{\frac{(y_t - y_{sz})^2}{n}} \quad (1)$$

ahol S_{HIBA} a meghatározás pontossága (a reziduumok szórása), amelyet a becslés standard hibájának neveznek, az y_t a tényleges érték, y_{sz} a számított érték, n a számításnál figyelembe vett esetek száma.

Két fenológiai jelenség közötti fázisstartam hosszának becslése

Két fenológiai jelenség bekövetkezése között különböző hosszúságú időtartam telik el. Az időtartam hossza függ az adott növény belső tulajdonságaitól és a külső környezet hatásától. Hosszú fenológiai idősorok birtokában mindenekelőtt azt vizsgáltuk meg, hogy egy megelőző fenofázistól mennyire függ egy később bekövetkező fenofázisstartam. Az őszi búza esetében különösen érdekesnek tűnik annak vizsgálata, hogy az őszi folyamán bekövetkező vetés és kelés milyen mértékben határozza meg a keléstől a tavaszi virágzási időpontig vagy érési időpontig terjedő időszak hosszát.

A kelés–virágzás fázisstartam hosszát ($FT_{\text{KEL-VIR}}$) először a vetés időpontja (VET) alapján határoztuk meg:

$$FT_{\text{KEL-VIR}} = f(\text{VET}) \quad (2)$$

azután a kelés–virágzás időszak hosszát ($FT_{\text{KEL-VIR}}$) a kelés (KEL) időpontja figyelembe vételével számítottuk:

$$FT_{\text{KEL-VIR}} = f(\text{KEL}) \quad (3)$$

végül a kelés–virágzás fázisstartamot ($FT_{\text{KEL-VIR}}$) olyan kétváltozós függvénnyel határoztuk meg, amelyben a két független változó a vetés időpontja (VET) és a kelés időpontja (KEL) volt:

$$FT_{\text{KEL-VIR}} = f(\text{VET}) + f(\text{KEL}) \quad (4)$$

Hasonlóképpen járunk el akkor is, ha a vetés és kelés időpontja segítségével a kelés-érés fázisstartam hosszát szeretnénk meghatározni. Az alkalmazott összefüggések ekkor:

$$FT_{\text{KEL-ÉRÉS}} = f(\text{VET}) \quad (5)$$

$$FT_{\text{KEL-ÉRÉS}} = f(\text{KEL}) \quad (6)$$

$$FT_{\text{KEL-ÉRÉS}} = f(\text{VET}) + f(\text{KEL}) \quad (7)$$

Ez utóbbi összefüggések lehetővé teszik, hogy közvetlenül a vetés és kelés időpontja alapján határozzuk meg, hogy a keléstől mennyi napra van szükség ahhoz, hogy az őszi gabona beérjen.

A kapott eredményeket összevetettük a tényleges adatokkal, s az összefüggések szorosságát és a hibaszórást táblázatos, illetve grafikus formában tüntettük fel (*1–2. táblázat, 1–2. ábra*).

AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A vizsgálat során tehát az őszi búza vetési és kelési időpontjait hoztuk kapcsolatba a virágzás és érés időpontjaival. Az őszi búza vetése hazánkban október közepe táján történik, a kelés pedig november első felében, a virágzásra a következő év májusának vége felé, az érése pedig július első felében kerül sor. Ebben az esetben tehát a hosszú, több évtizedes fenológiai adatsorokat hosszú távú, több hónapra szóló előrejelzésre szeretnénk felhasználni. A feladatot két részre osztottuk: először megvizsgáltuk a virágzási időpont előrejelzését, majd az érési időpont előrejelzését. Lényegében mindkét előrejelzés két egymást követő fenofázis közötti időtartam előrejelzésén alapul.

A virágzási időpont előrejelzése

A vetés, a kelés és a virágzás közötti időszak hosszának alakulását a (2), (3) és (4) lineáris összefüggések alapján vizsgáltuk és az összefüggések szorosságára vonatkozó eredményeket az 1. táblázatban tüntettük fel.

1. táblázat A vetési időpont, a kelési időpont és a kelés–virágzás fenofázisstartam közötti összefüggések korrelációs koefficiensei

Table 1. Correlation coefficients of the relationships between sowing date, emergence date and emergence-flowering duration

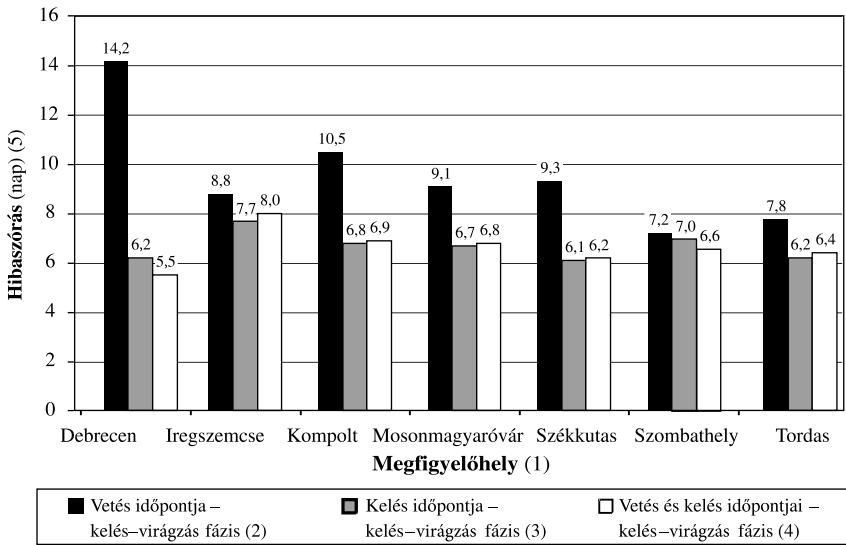
Megfigyelőhely (1)	Vetés időpontja – kelés–virágzás fázis (2)	Kelés időpontja – kelés–virágzás fázis (3)	Vetés és kelés időpontjai – kelés–virágzás fázis (4)
Debrecen	0,45	0,92	0,94
Iregszemcse	0,63	0,73	0,73
Kompolt	0,69	0,87	0,87
Mosonmagyaróvár	0,76	0,88	0,88
Székkutas	0,68	0,87	0,87
Szombathely	0,87	0,88	0,90
Tordas	0,71	0,83	0,83

(1) Experimental site, (2) Relationship between sowing date and emergence–flowering duration; (3) Relationship between emergence date and emergence–flowering duration; (2) Relationship between sowing and emergence dates and emergence–flowering duration

Látható a táblázatból, hogy a kelési időpont alapján egy megfigyelőhely (Iregszemcse) kivételével 0,80 feletti korrelációs koefficienseket kaptunk, ami szoros kapcsolatot mutat. Ezt a szoros kapcsolatot lényegében a kétváltozós (vetési időpont + kelési időpont) lineáris összefüggés sem tudta tovább növelni.

Az összefüggés szorossága mellett azt is megvizsgáltuk, hogy az előrejelzett és a tényleges adatok közötti eltérésnek mi a hibaszórása. Láthatjuk az 1. ábrából, hogy a legnagyobb hiba a vetési időpont alapján történő előrejelzéssel adódik. Az előrejelzés hibája ekkor a 7 megfigyelőhely közül 2-ben meghaladja a 10 napot, s mindenhol egy hét felett van. Ugyanakkor a kelési időpont alapján történő előrejelzés során a hiba már lényegében 6–7 napra lecsökken, ami figyelembe véve azt, hogy a kelés–virágzás időszak hossza mintegy 200 nap, a hiba mindössze 3–4%-os. A hiba mértéke Iregszemcsén a legnagyobb, 7,7 nap. A kétváltozós összefüggés hibaszórása is alig valamivel jobb, mint a kelési időpontra alapozott előrejelzése.

A kapott eredmények azt mutatják, hogy a kelési időpont segítségével már az őszi folyamán készíthetünk előrejelzést a virágzás időpontjára vonatkozóan, ami 6–7 napos hibaszórással közelíti a tényleges virágzási időpontot.



1. ábra A vetési időpont, a kelési időpont és a kelés–virágzás fenofázisstartam közötti összefüggések hibaszórásai (nap)

Figure 1. RMSE values of the relationships between sowing date, emergence date and emergence–flowering duration (days)

(1) Experimental site, (2) Relationship between sowing date and emergence–flowering duration, (3) Relationship between emergence date and emergence–flowering duration, (4) Relationship between sowing and emergence dates and emergence–flowering duration, (5) RMSE (days)

A teljes érés időpontjának előrejelzése

A kelés és a teljes érés közötti időszak hosszának előrejelzését az (5), (6) és (7) egyenletek alapján készítettük el. Az összefüggések szorosságát mutató adatokat a 2. táblázatban találjuk.

2. táblázat A vetési időpont, a kelési időpont és a kelés–teljes érés fenofázisstartam közötti összefüggések korrelációs koefficiensei

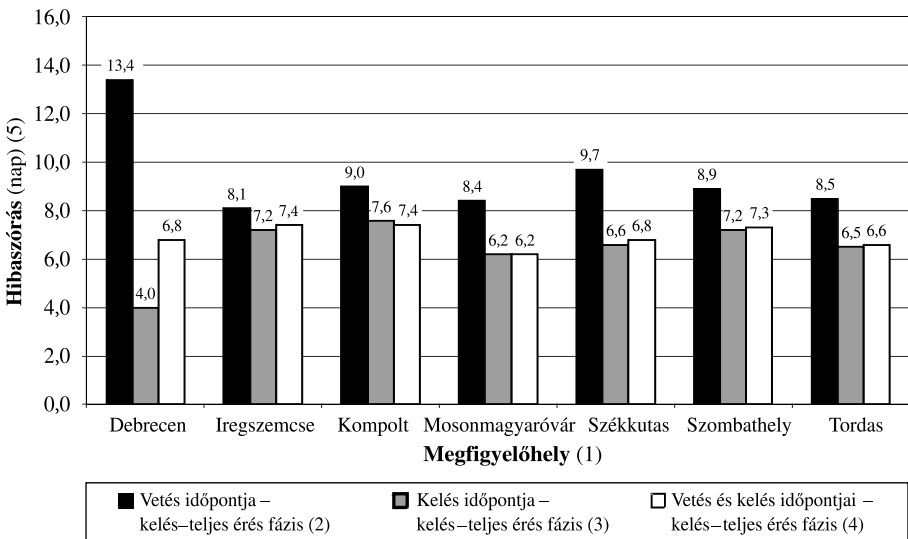
Table 2. Correlation coefficients of the relationships between sowing date, emergence date and emergence–ripening duration

Megfigyelőhely (1)	Vetés időpontja – kelés–teljes érés fázis (2)	Kelés időpontja – kelés–teljes érés fázis (3)	Vetés és kelés időpontjai – kelés–teljes érés fázis (4)
Debrecen	0,56	0,91	0,91
Iregszemcse	0,72	0,79	0,79
Kompolt	0,74	0,82	0,84
Mosonmagyaróvár	0,80	0,90	0,90
Székkutas	0,63	0,85	0,85
Szombathely	0,80	0,87	0,87
Tordas	0,74	0,85	0,86

(1) Experimental site, (2) Relationship between sowing date and emergence–ripening duration; (3) Relationship between emergence date and emergence–ripening duration; (4) Relationship between sowing and emergence dates and emergence–ripening duration

A három változat közül a vetési időpont és a kelés–teljes érés fázisstartam közötti összefüggés mutatkozik a leggyengébbnek. A lineáris összefüggés korrelációs koefficiensei 0,56 és 0,80 között váltakoznak (2. táblázat 2. oszlop). A kelési időpont és a kelés–teljes érés időszak tartama között már jóval szorosabb összefüggés található. Lényegében a korrelációs koefficiensek 0,80 és 0,90 közöttiek, csupán Iregszemcse esetében kaptunk 0,79-es értéket, Debrecen esetében pedig 0,91-es értéket. A kétváltozós lineáris összefüggés korrelációs koefficiensei alig különböznek a kelési időpont és a kelés–teljes érés fázisstartam közötti összefüggés korrelációs koefficienseitől.

A kapcsolatok szorosságának vizsgálata után elemeztük még a hibaszórásokat is, amelyeket a 2. ábra mutat be.



2. ábra A vetési időpont, a kelési időpont és a kelés–teljes érés fenofázisstartam közötti összefüggések hibaszórásai (nap)

Figure 2. RMSE values of the relationships between sowing date, emergence date and emergence–ripening duration (days)

- (1) Experimental site, (2) Relationship between sowing date and emergence–ripening duration, (3) Relationship between emergence date and emergence–ripening duration, (4) Relationship between sowing and emergence dates and emergence–ripening duration, (5) RMSE (days)

A 2. ábra második oszlopai a vetési időpont és a kelés–teljes érés időszak közötti kapcsolat hibaszórásának adatait mutatja. Az eredmények hasonlóak az 1. ábrán feltüntetett eredményekhez. A vizsgálatba bevont 7 megfigyelőhely közül ugyanazon 4 megfigyelőhelyeken adódtak ismét a legnagyobb értékek. A kelés–teljes érés időszak hosszának a kelés időpontja alapján történő előrejelzésénél már ismét csak 6–7 nap hibaszórás adódott, s ezen lényegében a kétváltozós összefüggés sem javított. Ezek az eredmények jó egyezést mutatnak a nemzetközi irodalomban használatos korszerű módszerek és növényfejlődési modellek alkalmazásakor tapasztalt 6–8 napos hibaszórásokkal (McMaster és Smika 1988, Jamieson et al. 1998).

KÖVETKEZTETÉSEK

Az agrometeorológiában is használt növényfejlődési modellek általában a külső környezet alakulását számszerűsítő adatok függvényében próbálják nyomon követni és előrejelezni a fontosabb gazdasági növények fejlődésének alakulását. Számos ilyen modell ismeretes, amely döntően meteorológiai, talajtani és agronómiai adatokat felhasználva képes egy fenológiai jelenség várható bekövetkezését becsülni. A rendszer sztochasztikus jellege miatt e módszerek is csak közelítő pontossággal képesek az őszi búza fejlődését előrejelezni az általuk használt adatok függvényében. Emellett hátrányuk a viszonylag nagy bemenő adatigényük (meteorológiai vonatkozásban ilyen lehet például a különböző modelleknél a hőmérsékleti összeg, a minimum-, maximum- vagy átlaghőmérséklet, a globálsugárzás, a nappalhosszúság, a potenciális párolgás, közvetve a levélfelület index) is. E cikkben, egy meteorológiai adatokon alapuló őszi búza fejlődési modell kidolgozásának kezdeti lépéseként azt vizsgáltuk meg, hogy tisztán fenológiai adatok felhasználásával, a fenológiai jelenségek bekövetkezésének belső összefüggéseire alapozva, milyen pontossággal tudjuk előrejelezni a fokozott gyakorlati jelentőséggel bíró virágzási és érési időpontokat. A korrelációs koeficiensok és a hibaszórások alapján úgy tapasztaltuk, hogy viszonylag elfogadható pontossággal már az őszi folyamán előrejelezhető az őszi búza kelésétől a virágzásig és érésig terjedő időszak hossza, s így maga a virágzás és érés bekövetkezési időpontja is.

Prediction of winter wheat flowering and ripening dates on the base of long phenological data series

ZOLTÁN VARGA-HASZONITS – ZOLTÁN VARGA

University of West Hungary
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Agrometeorological Department of Institute of Mathematics, Physics and Informatics
Mosonmagyaróvár

SUMMARY

As a first step of developing our model describing the relationship between meteorological conditions and winter wheat phenology we investigated the accuracy of a model based on solely phenological data. In this paper the possibility for predicting the date of flowering and ripening on the base of autumn phenological data of sowing and emergence was examined. We supposed that if it worked well it would have been possible to widely make well-founded phenology-related decisions with practical importance in a timely manner by using our method with low input data requirements.

Over 30 year long data series of 7 experimental sites representing different parts of Hungary were used in our investigations. The correlation coefficients and RMSE values of these

studies suggest that despite the low input data requirement of this method, our results were not worse than the results obtained by commonly used plant development models.

Keywords: winter wheat, flowering, ripening, phenology, prediction, RMSE.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOM

- van Bussel, L. G. J. – Ewert, F. – Leffelaar, P. A.* (2011): Effects of data aggregation on simulations of crop phenology. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. **142**, (1–2) 75–84.
- Goudriaan, J. – van Laar, H. H.* (1994): *Modelling Potential Crop Growth Processes*. Kluwer Academic Publications, Dordrecht.
- Janssen, P. H. M. – Heuberger, P. S. C.* (1995): Calibration of process-oriented models. *Ecol. Model.* **83**, 55–66.
- Jamieson, P. D. – Brooking, I. R. – Semenov, M. A. – Porter, J. R.* (1998): Making sense of wheat development: a critique of methodology. *Field Crops Research*. **55**, 117–127.
- van Laar, H. H. – Goudriaan, J. – van Keulen, H.* (1997): SUCROS97. Simulation of crop growth for potential and water-limited production-situations. Ab-dlo, Wageningen.
- McMaster, G. S. – Smika, D. E.* (1988): Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the Central Great Plains. *Agricultural and Forest Meteorology*. **43**, (1) 1–18.
- van Oijen, M. – Leffelaar, P.* (2008): Crop Ecology. LINTUL 1: Potential Crop Model. A simple general crop growth model for optimal growing conditions. Wageningen University Plant Sciences, Wageningen.
- Penning de Vries, F. W. T. – Jansen, D. M. – ten Berge, H. F. M. – Bakema, A.* (1989): Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops. Pudoc, Wageningen.
- Ritchie, J. T. – Godwin, D. C. – Otter-Nacke, S.* (1985): CERES-Wheat: A Simulation Model of Wheat Growth and Development. Texas A&M Univ. Press, College Station, Texas.
- Streck, N. A. – Weiss, A. – Xue, Q. – Baezinger, P. S.* (2003): Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. *Agricultural and Forest Meteorology*. **115**, 139–150.
- Varga-Haszonits Z.* (1977): *Agrometeorológia*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Weir, A. H. – Bragg, P. L. – Porter, J. R. – Rainer, J. H.* (1984): A winter wheat crop simulation model without water or nutrient limitations. *Journal of Agricultural Science*. **102**, 371–382.
- Williams, J. R. – Jones, C. A. – Kiniry, J. R. – Spalton, D. A.* (1989): The EPIC Crop Growth Model. *Transactions of the ASAE*. **32**, 497–511.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

VARGA-HASZONITS ZOLTÁN – VARGA ZOLTÁN
Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.
E-mail: varzol@mtk.nyme.hu