

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ НА ДОБИВА ОТ БИОЛОГИЧНА ПШЕНИЦА С ИЗПОЛЗВАНЕ НА АЕРОКОСМИЧЕСКИ МЕТОДИ

Милен Чанев, Лъчезар Филчев

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: mchanev@space.bas.bg; lachezarhf@space.bas.bg*

Ключови думи: дистанционни изследвания, биологично земеделие, модели за прогнозиране на добива от пшеница

Резюме: С изменението на климата все по-чести стават неблагоприятните природни явления, като наводнение и суша, които от своя страна са основна заплаха за добивите от пшеница. Почти всички региони на планетата са уязвими от подобни климатични събития. Дистанционните методи могат да помогнат на земеделските производители давайки им актуална информация за състоянието на посевите и прогноза на добивите от пшеница, като по този начин минимизират риска от климатичните промени.

POSSIBILITIES FOR FORECASTING THE YIELD OF ORGANIC WHEAT USING AEROSPACE METHODS

Milen Chanev, Lachezar Filchev

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: mchanev@space.bas.bg; lachezarhf@space.bas.bg*

Keywords: remote sensing, organic farming, models for forecasting wheat yield

Abstract: With climate change, adverse natural phenomena, such as floods and droughts, are becoming more common, which in turn are a major threat to wheat yields. Almost all regions of the planet are vulnerable to such climatic events. Remote sensing methods can help farmers by giving them up-to-date information on the condition and yield forecasting of wheat crops, thus minimizing the risk of climate change.

Въведение

Производството и сигурността на храните привличат вниманието на научните общности по целия свят. Симулацията на растежа на културите и мониторингът на добива са от съществено значение за информиране и разработване на национални политики за продоволствена сигурност и стратегии за управление на производството (Huang, J. et al. 2016; Huang, J. et al. 2015, Zhuo, W. et al. 2019). Изменението на климата, замърсяването на околната среда, недостигът на вода и промяната в качеството на обработваемата земя оказват сериозно въздействие върху растениевъдството (Xie, Y. et al. 2017; Zhuo, W. et al. 2019). Следователно навременната и точна информация за регионалния растеж и добив е от голямо значение за продоволствената сигурност и устойчивото развитие на селското стопанство. Оценката на добива на култури в регионален мащаб за дълъг период от време е от голямо значение за продоволствената сигурност.

Целта на този доклад е да се проучат възможностите за създаване на пространствен модел за прогнозиране на добивите чрез използване на аеро-космически методи в биологичното отглеждане на зърнено-житни култури, като с помощта на такъв модел да се избегнат рисковете, които могат да възникнат породени от неблагоприятни природни и най-вече климатични явления, които в нашата страна се изразяват най-вече в аридизация на климата в следствие на климатичните промени. В доклада е направен опит за преглед на съществуващи

подобни модели правени за посеви в конвенционалното земеделие, като целта е да обобщим възможностите за прилагане на тези модели в условията на биологично земеделие. Биологично стопанство се отличава от конвенционалното с различна технология на отглеждане на земеделските култури. Редица научни изследвания са доказали, че тя е много по-щадяща околната среда и по-устойчива във времето в сравнение с конвенционалната, като в същото време произведената продукция е и по-здравословна, но за съжаление има много по-малко механизми за преодоляване на неблагоприятните природни явления. Това прави още по-голяма нуждата от навременно прогнозиране на рисковете за културата.

Модели за прогнозиране на добивите

Потенциалът на растениевъдството е индекс, използван за оценка на капацитета за производителност на растенията в един регион. Пространственият производствен потенциал може да помогне да се даде максимална стойност на добива и визуално да се изяснят перспективите за развитие на селското стопанство. Моделът DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) се използва при анализ на растежа на културите, но пространствената симулация и анализ с висока пространствена разделителна способност не са широко използвани за определяне на подходящи места за засаждане на култури. Симулационният модел на World Food Studies (WOFOST е механистичен модел за количествен анализ на растежа и производството на едногодишни полски култури. Той количествено определя растежа на културите въз основа на основните процеси, като фотосинтеза, дишане и как тези процеси се влияят от условия на околната среда. WOFOST изчислява постижимата продукция на култури, биомаса, използване на вода и др. За местоположение, което има познания за вида на почвата, типа култури, метеорологичните данни и факторите за управление на културите (напр. Дата на сеитба). WOFOST е един от моделите, внедрени в системата за мониторинг на растежа на растенията в ЕС, която се използва оперативно за мониторинг на обработваеми култури в Европа и за изготвяне на прогнози за добивите за текущия вегетационен сезон (WOFOST 2020).

Геоинформационни технологии за прогнозиране на добивите

Географската информационна система (ГИС) може да се използва за обработка на пространствени данни и предоставяне на карта на пространственото разпределение на производствения потенциал (Lang, T. et al. 2020). От 70-те години на миналия век, с развитието на компютърните технологии, методите за получаване и оценка на информацията за растежа на културите въз основа на дистанционно наблюдение, ГИС и модели за растеж на културите стават все по-популярни в проучванията и са полезни за вземане на решения в селското стопанство (Brown, A., et al. 1999; Mkhabela, S. et al. 2011; Sun, H., et al. 2012; Xu, X., et al. 2017; Lollato, P., et al. 2017; Lang, T., et al. 2020). Зоните за засаждане на култури могат да бъдат идентифицирани и извлечени от спектрални, времеви и пространствени характеристики, отразени в изображенията получени чрез дистанционните методи (HU, Q., et al. 2015; Sonobe, R., 2019; Lang, T., et al. 2020; Meng, S., 2020). ГИС има функцията за обработка и анализ на географски данни и се прилага широко в много области, включително селското стопанство (Wang, L., Et al. 2005; Thakkar, K., 2017; Rohit, S., et al. 2018; Lang, T., et al. 2020).

Моделът на растеж на културите предоставя важно средство за количествено определяне на селскостопанската продукция. Той може да симулира физиологични процеси, като етап на растеж на културите, образуване на органи, натрупване на биомаса, разпределение на материята, добив и връзката между физиологичните процеси и околната среда (Jones, W., et al. 2003; Negm, M., et al. 2014; Boote, J., et al. 2018; Lang, T., et al. 2020). Той е широко използван в климатичните промени, прецизното земеделие и като цяло в селскостопанството. Чрез свързване на модели за растеж на културите с ГИС технология, проблемът за пространствена симулация може да бъде решен, като се има предвид пространствената хетерогенност на почвата, времето и управлението (Rezzoug, W. et al. 2008; Liu, L. et al. 2011; Araya, A. et al. 2017; Lang, T. et al. 2020).

През последните десетилетия интегрирането на наблюденията от дистанционно наблюдение и модели за растеж на културите беше признато като обещаващ подход за наблюдение на растежа на културите и оценка на добива (Zhuo, W. et al. 2019). Използването на точната и навременна информация за растежа и предвижданият добив получавана чрез аеро-космически методи ще послужи на фермерите да адаптират операциите във фермата и да оптимизират работните процеси, като така намалят риска от загуба на реколтата и повишаване на разходите за единица продукция (Setiyono T., A. Nelson and F. Holecz 2014). Пространствената и временна информация за сезонността и състоянието от дистанционното

наблюдение са ключови данни за реколтата. Тъй като поради облачност може да бъде възпрепятствано събирането на данни има възможност за комбинирането на оптични данни с такива от радар (SAR) може да прониква през облаците и има възможности да се получават данни във всякакви метеорологични условия. Това позволява по-надежден и последователен мониторинг на реколтата и оценка на добива по отношение на данните от радарния сензор. Ценната информация, получена от данни от оптично и SAR дистанционно наблюдение, ни позволява да оценим комбинираната способност на двата източника на данни, като ги асимилираме в модела за растеж на културите (Prévoit, L. et al. 2003; Dente, L. et al. 2008; Betbeder, J. et al. 2016; Zhuo, W. et al. 2019).

Авторския колектив воден от Song, Y., et al. 2020 изследва въздействието на топлинния стрес върху фотосинтезата и добива на културите. Авторите създават модел използващ, както статистически модели, така и сателитни данни, предизвикани от слънчевата хлорофилна флуоресценция, за оценка въздействието на топлинния стрес върху добива на пшеница в Индия. Статистическият модел показва, че връзките между различните температурни суми и отчетения добив на пшеница са значително отрицателни. Резултатите потвърждават, че топлинният стрес е повлиял на добива на пшеница в целия регион. Въз основа на данните за слънчевата хлорофилна флуоресценция получени от сателитни наблюдения се установява, че слънчевата хлорофилна флуоресценция има силни отрицателни корелации с различни натрупани температурни суми и е в състояние да наблюдава топлинния стрес. Резултатите от слънчевата хлорофилна флуоресценция също така показват, че топлинният стрес причинява намаляване на добива, като пряко влияе върху фотосинтетичния капацитет на пшеницата. Фотосинтетичната активност може да се използва за откриване на вариациите в растежа на пшеницата и реакциите на различни топлинни стресове. Установяват, че топлинният стрес може да повлияе на добива на пшеница чрез директен спад на фотосинтетичния капацитет. Слънчевата хлорофилна флуоресценция може да се използва за подобряване, както на резултатите от мониторинга на топлинния стрес, така и за оценка на добива. Като цяло проучването измерва количествено въздействието на топлинния стрес върху добива на пшеница и разкрива физиологичния му път. Като нови космически данни, сателитните наблюдения на Слънчевата хлорофилна флуоресценция показват неговия голям потенциал за наблюдение на растежа на културите и оценка на въздействието на топлинния стрес върху добива. С помощта на слънчевата хлорофилна флуоресценция, като ефективен показател за фотосинтетична активност ще подобри нашето разбиране за въздействието на топлинния стрес върху добива на пшеница.

Литература:

1. Araya, A.; Kisekka, I.; Gowda, P. H.; Prasad, P.V.V. Evaluation of water-limited cropping systems in a semi-arid climate using DSSAT-CSM. *Agric. Syst.* 2017, 150, 86–98.
2. Betbeder, J.; Fieuzal, R.; Baup, F. Assimilation of LAI and dry biomass data from optical and SAR images into an agro-meteorological model to estimate soybean yield. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 2016, 9, 1–14.
3. Boote, K. J.; Prasad, V.; Allen, L. H.; Singh, P.; Jones, J. W. Modeling sensitivity of grain yield to elevated temperature in the DSSAT crop models for peanut, soybean, dry bean, chickpea, sorghum, and millet. *Eur. J. Agron.* 2018, 100, 99–109.
4. Brown, R. A.; Rosenberg, N. J. Climate change impacts on the potential productivity of corn and winter wheat in their primary United States growing regions. *Clim. Chang.* 1999, 41, 73–107.
5. Dente, L.; Satalino, G.; Mattia, F.; Rinaldi, M. Assimilation of leaf area index derived from ASAR and MERIS data into CERES-Wheat model to map wheat yield. *Remote Sens. Environ.* 2008, 112, 1395–1407.
6. Huang, J.; Ma, H.; Su, W.; Zhang, X.; Huang, Y.; Fan, J.; Wu, W. Jointly assimilating MODIS LAI and et products into the swap model for winter wheat yield estimation. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 2015, 8, 1–12.
7. HU, Q.; Wu, W. B.; Song, X.; Yu, Q. Y.; Yang, P.; Tang, H. J. Recent progresses in research of crop patterns mapping by using Remote Sensing. *Sci. Agric. Sin.* 2015, 10, 34–48.
8. Huang, J.; Sedano, F.; Huang, Y.; Ma, H.; Li, X.; Liang, S.; Tian, L.; Zhang, X.; Fan, J.; Wu, W. Assimilating a synthetic Kalman filter leaf area index series into the WOFOST model to improve regional winter wheat yield estimation. *Agric. For. Meteorol.* 2016, 216, 188–202.
9. Jones, J. W.; Hoogenboom, G.; Porter, C. H.; Boote, K. J.; Batchelor, W. D.; Hunt, L. A.; Wilkens, P.W.; Singh, U.; Gijsman, A. J.; Ritchie, J. T. The DSSAT cropping system model. *Eur. J. Agron.* 2003, 18, 235–265.
10. Lang, T., Yang, Y., Jia, K., Zhang, C., You, Z., & Liang, Y. (2020). Estimation of Winter Wheat Production Potential Based on Remotely-Sensed Imagery and Process-Based Model Simulations. *Remote Sensing*, 12(17), 2857. doi:10.3390/rs12172857

11. Liu, H. L.; Yang, J. Y.; Drury, C. F.; Reynolds, W. D.; Tan, C. S.; Bai, Y. L.; He, P.; Jin, J.; Hoogenboom, G. Using the DSSAT-CERES-Maize model to simulate crop yield and nitrogen cycling in fields under long-term continuous maize production. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 2011, 89, 313–328.
12. Lollato, R. P.; Edwards, J. T.; Ochsner, T. E. Meteorological limits to winter wheat productivity in the U.S. southern Great Plains. *Field Crops Res.* 2017, 203, 212–226.
13. Meng, S.; Zhong, Y.; Luo, C.; Hu, X.; Wang, X.; Huang, S. Optimal Temporal Window Selection for Winter Wheat and Rapeseed Mapping with Sentinel-2 Images: A Case Study of Zhongxiang in China. *Remote Sens.* 2020, 12, 226.
14. Mkhabela, M. S.; Bullock, P.; Raj, S.; Wang, S.; Yang, Y. Crop yield forecasting on the Canadian Prairies using MODIS NDVI data. *Agric. For. Meteorol.* 2011, 151, 385–393.
15. Negm, L. M.; Youssef, M. A.; Skaggs, R. W.; Chescheir, G. M.; Jones, J. DRAINMOD–DSSAT model for simulating hydrology, soil carbon and nitrogen dynamics, and crop growth for drained crop land. *Agric. Water Manag.* 2014, 137, 30–45.
16. Prévot, L.; Chauki, H.; Troufleau, D.; Weiss, M.; Baret, F.; Brisson, N. Assimilating optical and radar data into the STICS crop model for wheat. *Agronomie* 2003, 23, 297–303.
17. Rezzoug, W.; Gabrielle, B.; Suleiman, A.; Benabdeli, K. Application and evaluation of the DSSAT-wheat in the Tiaret region of Algeria. *Afr. J Agric. Res.* 2008, 3, 284–296.
18. Rohit, S.; Sachin, S.K.; Angappa, G. Big GIS analytics framework for agriculture supply chains: A literature review identifying the current trends and future perspectives. *Comput. Electron. Agric.* 2018, 155, 103–120.
19. Setiyono, T., A. Nelson and F. Holecz 2014. Remote Sensing based Crop Yield Monitoring and Forecasting
20. Song, Y., Wang, J., & Wang, L. (2020). Satellite Solar-Induced Chlorophyll Fluorescence Reveals Heat Stress Impacts on Wheat Yield in India. *Remote Sensing*, 12(20), 3277. doi:10.3390/rs12203277
21. Sonobe, R. Combining ASAR-2 XSAR HH and Sentinel-1 C-SAR VH/VV Polarization Data for Improved Crop Mapping. *Remote Sens.* 2019, 11, 1920.
22. Sun, H.; Xu, A.; Lin, H.; Zhang, L.; Mei, Y. Winter wheat mapping using temporal signatures of MODIS vegetation index data. *Int. J. Remote Sens.* 2012, 33, 5026–5042.
23. Thakkar, A. K.; Desai, V. R.; Patel, A.; Potdar, M. B. Post-classification corrections in improving the classification of Land Use/Land Cover of arid region using RS and GIS: The case of Arjuni watershed, Gujarat, India. *Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.* 2017, 20, 79–89.
24. Wang, L.; Zhai, Y. X.; Wang, F. Development of Theory and Application in Agriculture of GIS. *J. Agro-Environ. Sci.* 2005, 24, 362–366.
25. Xie, Y.; Wang, P.; Sun, H.; Zhang, S.; Li, L. Assimilation of leaf area index and surface soil moisture with the CERES-wheat model for winter wheat yield estimation using a particle filter algorithm. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 2017, 10, 1–14.
26. Xu, X.; Conrad, C.; Doktor, D. Optimising phenological metrics extraction for different crop types in Germany using the Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS). *Remote Sens.* 2017, 9, 254.
27. Zhuo, W., Huang, J., Li, L., Zhang, X., Ma, H., Gao, X., Xiao, X. (2019). Assimilating Soil Moisture Retrieved from Sentinel-1 and Sentinel-2 Data into WOFOST Model to Improve Winter Wheat Yield Estimation. *Remote Sensing*, 11(13), 1618. doi:10.3390/rs11131618
28. World Food Studies Simulation Model (WOFOST), FAO, land and water. 2020. <http://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1236431/>