

EFFECTUL ROTĂȚIEI CULTURILOR, LUCRĂRII SOLULUI ȘI AL MANAGEMENTULUI RESTURILOR VEGETALE ASUPRA CREȘTERII ȘI DEZVOLTĂRII GRÂULUI DE TOAMNĂ, EVALUAT CU UN SENZOR OPTIC

**EFFECT OF CROP ROTATION, SOIL TILLAGE AND RESIDUE
MANAGEMENT ON WINTER WHEAT GROWTH AND DEVELOPMENT,
EVALUATED WITH AN OPTICAL SENSOR**

ALEXANDRU I. COCIU¹ ȘI GEORGE DANIEL CIZMAȘ¹

Abstract

Crop growth and development as well as yield are the result of the efficiency of the chosen cropping system within the boundaries of the agro-ecological environment. End-of-season yield results do not permit the evaluation of within-season management interactions with the production environment and do not allow for full understanding of the management practice applied. Crop growth and development were measured during the 2017 winter wheat crop cycles with an optical handheld NDVI sensor for all plots of the different management treatments of a long-term (since 2015) trial at NARDI Fundulea. Cropping systems varying in (1) crop rotation [winter wheat (G) after maize (P), G after sunflower (F), G after pea (M)]; (2) tillage [chisel tillage (C) vs. no-tillage (N) and (3) crop residue management [chopped (T) vs. anchored (A)] were compared. The NDVI-handheld sensor was evaluated as a tool to monitoring crop growth and development and was found to be an excellent tool for this purpose. In N there was a strong relation between NDVI and biomass accumulation of wheat. The measurement with the handheld sensor was non-destructive and fast so that a representative plot area could be measured easily and time-efficient. N is characterized by a slower initial crop growth, compensated for by an increased growth in the later stages, positively influencing final grain yield. Also, crop rotation influenced early crop growth, with lower NDVI values for crops sown after F and P than crops after M. The results indicated that different crop rotation, tillage and residue management practices influence crop growth and development.

Cuvinte cheie: rotația culturilor, lucrarea solului, managementul resturilor vegetale, sensor portabil NDVI.

Keywords: crop rotation, tillage, residue management, NDVI hand-held sensor.

¹ I.N.C.D.A. Fundulea. E-mail: acociu2000@yahoo.com

INTRODUCERE

Creșterea și dezvoltarea unei culturi, precum și producția finală sunt rezultatul eficienței sistemului cultural folosit în cadrul unui mediu agroecologic. Producția obținută la sfârșitul perioadei de vegetație nu permite estimarea interacțiunilor, petrecute în perioada de vegetație, între practicile agricole folosite și mediul de producție.

Obiectivul acestui studiu este de a evalua dinamica creșterii și dezvoltării culturilor de grâu de toamnă, pe tot parcursul sezonului de vegetație, în sisteme culturale diferențiate prin rotația culturilor, lucrarea solului și managementul resturilor vegetale, pentru a completa evaluarea normală a producției obținute la sfârșitul perioadei de vegetație. Rotația culturilor poate întrerupe ciclul patogenilor solului și reduce presiunea buruienilor asupra plantelor de cultură (K a r l e n și colab., 1994). Sistemul lucrarea solului-managementul resturilor vegetale poate mări infiltrarea apei (S h a v e r și colab., 2002) și eficiența valorificării apei (M c G a r r y, 2002), precum și reduce riscul eroziunii solului prin apă și vânt. Resturile vegetale reținute pe suprafața solului formează o barieră în calea pierderii apei prin evaporare și poate reduce temperatura solului (C o c i u, 2011). O structură mult mai stabilă a agregatelor de sol este prezentă în sistemul nelucrat, comparativ cu lucrările convenționale (E l l i o t t și E f e t h a, 1999).

Lucrarea prezintă rezultatele cercetărilor efectuate în 2017 într-o experiență de lungă durată înființată în 2015 în cadrul platformei de cercetări multidisciplinare, bazate pe agricultura conservativă, a I.N.C.D.A. Fundulea. Experiența urmărește să identifice practici agricole noi care ar asigura producții ridicate și stabile pentru cultura de grâu de toamnă în condițiile din Câmpia Bărăganului.

MATERIAL ȘI METODE

Schema experimentală folosită a fost de bloc complet randomizat cu parcele dispuse în split-split, cu trei repetiții. Parcelele mari, reprezentând rotația culturilor [grâu (G) după porumb (P), G după floarea-soarelui (F) și G după mazăre (M)], au fost rerandomizate în fiecare an, în schimb parcelele mijlocii cu lucrarea solului [lucrat cu cizelul (C) și nelucrat (N)] și parcelele mici cu managementul resturilor vegetale [tocate/întinse (T) și ancorate (A)] au fost menținute în fiecare an în același loc.

Pentru măsurarea indicelui normalizat de diferențiere a vegetației (NDVI) s-a folosit o unitate de sensor optic manual GreenSeeker® (Trimble Navigation Limited, Sunnyvale, CA). Acest dispozitiv folosește o tehnică brevetată pentru măsurarea reflectanței spectrale a unei culturi și calcularea NDVI. Câmpul vizual al senzorului este oval; mărimea sa crește cu înălțimea de dispunere a senzorului (aproximativ 25 cm lățime la 60 cm deasupra suprafeței iluminate și 50 cm lățime la 120 cm deasupra suprafeței iluminate). Unitatea de senzor are o iluminare autonomă, atât în banda spectrală infraroșu apropiat (zona spectrală în care clorofila are reflectanța cea mai mare), cât și în banda spectrală roșie (în care radiațiile luminoase sunt absorbite de clorofilă, fapt pentru care ea impune culoarea verde a vegetației sănătoase, aflată în plin sezon). Dispozitivul măsoară fracțiunea din lumina

emisă asupra câmpului vizual care se întoarce la senzor (reflectanța). Această fracțiune este folosită de senzor pentru calcularea NDVI după următoarea formulă:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{VIS}) / (\text{NIR} + \text{VIS})$$

unde NIR este fracțiunea din banda spectrală infraroșu apropiat (770 +/-15 nm FWHM) întoarsă la senzor (reflectanța), VIS este fracțiunea din banda vizibilă roșu (650 +/- 10 nm FWHM) întoarsă la senzor (reflectanța).

Pentru a obține o citire reprezentând o zonă mai mare, senzorul a fost trecut peste cultură la o înălțime de aproximativ 0,6 m deasupra boltei de frunze și orientat astfel încât lățimea de 25 cm a câmpului vizual să fie perpendiculară pe rândul de plante și centrată pe rând. Înălțimea senzorului față de sol a crescut proporțional cu avansarea în stadiul de vegetație. Viteza de deplasare a fost cea de mers lent (aproximativ 1,0 m s⁻¹), senzorul acumulând citiri multiple și, în final, afișând o medie a citirilor de pe lungimea parcelei (8 m).

REZULTATE ȘI DISCUȚII

NDVI și acumularea biomasei la cultura de grâu de toamnă

Pentru N, valorile NDVI au indicat o relație exponențială puternică cu măsurătorile biomasei culturii de grâu de toamnă luate săptămânal până la anteză cu $R^2 = 0,8559$ (figura 1). De asemenea, pentru C a fost determinată o relație exponențială cu $R^2 = 0,6603$.

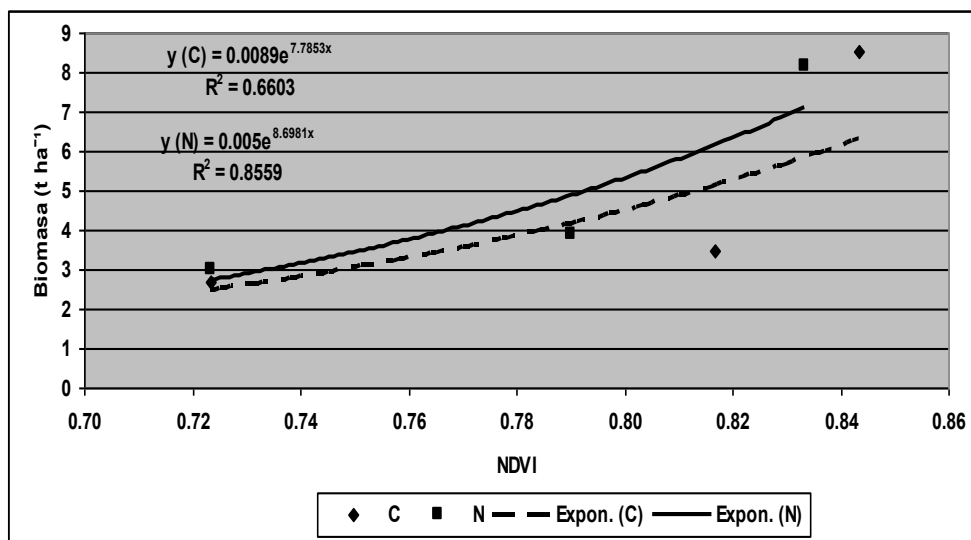


Figura 1 – Corelații între indicele normalizat de diferențiere a vegetației (NDVI) și biomasa culturii de grâu (t ha⁻¹) acumulată până la anteză în variantele de lucrare a solului. Fundulea, 2017
[Correlation between standardized NDVI (day⁻¹) and biomass measurements (t ha⁻¹) until milking stage in 2017 crop cycle for wheat in tillage system treatments, at Fundulea in 2017]

Curbele de creștere și dezvoltare bazate pe NDVI la cultura de grâu de toamnă

Valorile medii NDVI determinate în sistemele culturale experimentate au fost reprezentate grafic în funcție de timp. Valorile NDVI au crescut treptat, în timp, până când a fost atins un maxim înainte de a începe să scadă (figura 2). Măsurătorile NDVI furnizează o reprezentare a expansiunii boltei de frunze urmată de senescența culturii de grâu. Scott for și Miller (2004) au găsit rezultate comparabile pentru grâul de toamnă, iar Mandala și colab. (2003), pentru grâul cultivat după orez transplăntat. Curbele de creștere și dezvoltare ale plantelor (CC) au fost caracterizate prin doi parametri: panta creșterii inițiale și valoarea maximă a curbei (tabelul 1).

Grâul cultivat în N după P cu resturile vegetale T a avut o pantă a CC semnificativ mai mare (0,063), comparativ cu celelalte sisteme culturale. Rotația culturilor a influențat neesențial panta CC, valorile medii înregistrate fiind de 0,047 după P, 0,046 după M, respectiv, 0,045 după F.

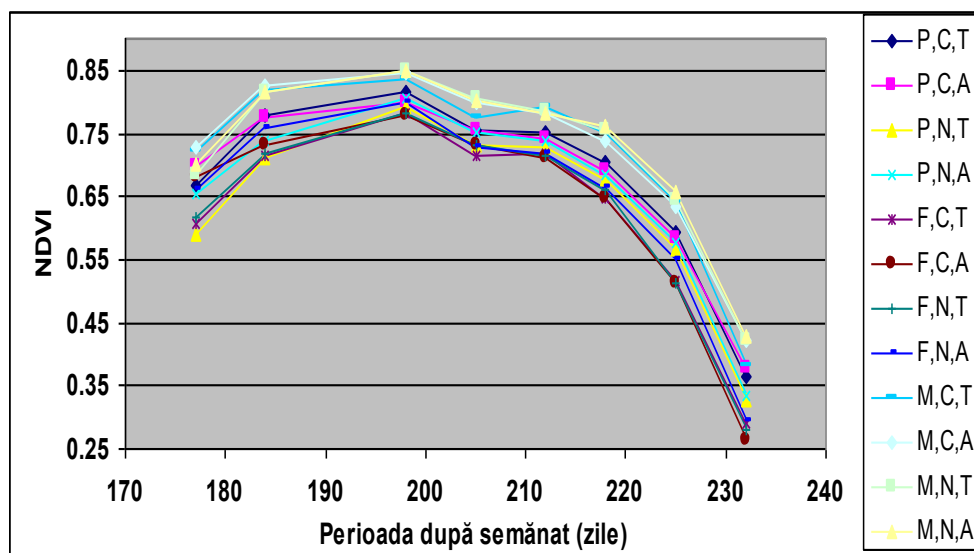


Figura 2 – Influența interacțiunii „rotația culturilor*lucrarea solului*managementul resturilor vegetale” asupra curbelor de creștere și dezvoltare bazate pe NDVI (NDVI vs. perioada după semănat) la cultura de grâu de toamnă. Fundulea, 2017

[Effect of crop rotation*tillage* residue management” interaction on NDVI-based growth and development curve (NDVI vs. days after sowing) for the 2017 crop cycle for wheat, at Fundulea in 2017]

O influență neesențială asupra pantei CC a avut și lucrarea solului care a determinat o creștere de la 0,042 în C la 0,050 în N. Managementul resturilor vegetale a influențat semnificativ CC, valorile medii înregistrate fiind de 0,053 în T și 0,039 în A. Grâul semănat în N, în oricare rotație, cu resturile vegetale T sau A se caracterizează printr-o dezvoltare mai lentă a culturii în primele faze, dar acest lucru este compensat în totalitate prin creșterea performanțelor culturii în fazele ulterioare, cu o influență mai importantă asupra producției finale.

Tabelul 1

Influența interacțiunii „rotația culturilor*lucrarea solului*managementul resturilor vegetale” asupra parametrilor curbelor de creștere și dezvoltare bazate pe NDVI (NDVI vs. zile după semănat) la cultura de grâu de toamnă. Fundulea, 2017

[The effect of „crop rotation*tillage*residue management” interaction on NDVI-based growth and development curve (NDVI vs. days after sowing) slope and maximum for 2017 crop cycle for wheat, at Fundulea, in 2017]

Varianta	Valoarea maximă	Panta creșterii inițiale
P,C,T	0,820 b	0,045 ABCD
P,C,A	0,813 bc	0,030 D
P,N,T	0,793 cd	0,063 A
P,N,A	0,810 bc	0,049 ABC
F,C,T	0,782 d	0,054 AB
F,C,A	0,796 bed	0,031 CD
F,N,T	0,792 cd	0,052 AB
F,N,A	0,802 bcd	0,041 BCD
M,C,T	0,866 a	0,054 AB
M,C,A	0,858 a	0,036 BCD
M,N,T	0,859 a	0,049 ABC
M,N,A	0,858 a	0,044 ABCD

Valorile urmate de litere diferite sunt semnificativ diferite la nivelul $p < 0,05$.

Rotația culturilor a influențat semnificativ maximul CC înregistrând în medie 0,860 după M, 0,809 după P, respectiv, 0,793 după F. Lucrarea solului și managementul resturilor vegetale au influențat nesemnificativ maximul CC.

Corelația dintre NDVI din perioada de vegetație și producția/biomasa finală

Cea mai puternică corelație între NDVI și producția finală de grâu ($r = 0,99$; $p = 0,001$) a fost obținută după 218 zile de la semănat (15 zile de la anteză), iar între NDVI și biomasă ($r = 0,93$; $p = 0,001$) la 218, respectiv, 225 zile de la semănat (tabelul 2).

Tabelul 2

Corelația dintre producția de boabe/biomasă/nr. de spice m^{-2} /greutatea bobului/nr.de boabe $spic^{-1}$ și NDVI la cultura de grâu de toamnă. Fundulea, 2017

(Correlation between winter wheat final grain yield/crop biomass/number of spikes per square meter/kernel weight per spike/number of kernels per spike and NDVI, at Fundulea, in 2017)

Zile după semănat	Producția	Biomasa	Nr. de spice pe m^2	Greutatea bobului	Nr. de boabe pe spic
177	0,71**	0,69*	NS	0,68*	0,69*
184	0,88***	0,86***	NS	0,87***	0,85***
198	0,94***	0,91***	NS	0,94***	0,93***
205	0,96***	0,87***	NS	0,91***	0,92***
212	0,94***	0,91***	NS	0,93***	0,91***
218	0,99***	0,93***	NS	0,91***	0,89***
225	0,98***	0,93***	NS	0,88***	0,88***
232	0,96***	0,85***	NS	0,83***	0,86***

NS-nesemnificativ, *Semnificativ ($p=0,05$), **Distinct semnificativ ($p=0,01$), ***Foarte semnificativ ($p=0,001$).

Dintre componentele producției doar „greutatea bobului” și „numărul de boabe pe spic” s-au corelat cu citirile NDVI.

Sunt puține raportări privind diferențele dintre CC ale diferitelor practici agrotehnice. Riley (1998) a raportat că dezvoltarea plantelor a fost întârziată la cerealele de primăvară în cazul lucrărilor reduse ale solului, dar acest lucru a fost compensat mai târziu în vegetație. Vyn și Raimbault (1993) și Raimbault și Vyn (1991) au raportat că N a condus la o creștere mai lentă a plantelor în comparație cu toate celelalte sisteme de lucrare a solului.

Mai multe metode au fost folosite pentru a monitoriza creșterea și dezvoltarea culturilor. În mai multe studii (Vetsch și Randall, 2004; Moreno și colab., 1997; Vyn și Raimbault, 1993) a fost măsurată înălțimea plantelor, fiind cea mai accesibilă metodă. Dar, înălțimea plantelor nu se corelează direct cu performanțele plantelor, iar măsurătorile se pot face într-un număr limitat de puncte din câmp. Folosirea clorofilmetrului SPAD (Vetsch și Randall, 2004) a rezolvat prima problemă, dar nu și a doua. Recoltarea materialului vegetal de pe suprafața solului (Riley, 1998) a rezolvat, din nou, doar problema creșterii plantelor, dar nu poate fi repetată de prea multe ori pe sezonul de vegetație al unei culturi, deoarece ar afecta experiența. Senzorul portabil rezolvă toate problemele: NDVI se corelează cu performanțele plantelor/sănătatea plantelor, este nedistructiv, iar senzorul prelucrează măsurătorile cu o viteză foarte mare (aproximativ 10 măsurători s⁻¹) putând măsura cu ușurință și în timp util o suprafață semnificativă. Pentru a evalua comportarea culturilor în diferite sisteme de fertilizare cu îngrășământ verde, Mandal și colab. (2003) a utilizat cu succes CC bazată pe NDVI măsurat cu ajutorul unui spectrometru portabil.

CONCLUZII

Rezultatele obținute indică faptul că NDVI s-a corelat cu producția și biomasa finală a culturii de grâu și că senzorul optic portabil dă rezultate reproductibile și eficiente în timp. Prin urmare, posibilitatea utilizării acestui instrument pentru detectarea variabilității temporale dintre și din cadrul sistemelor culturale, este importantă. Senzorul portabil NDVI poate fi utilizat pentru cuantificarea rapidă a diferențelor dintre practicile agricole și pentru caracterizarea variabilității culturilor în cadrul acestor practici. Este necesară continuarea cercetărilor în vederea asocierii variabilității măsurate cu senzorul portabil NDVI și stabilitatea producțiilor obținute în cadrul sistemelor culturale.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- COCIU, A., 2011 – *Soil properties, winter wheat yield, its components and economic efficiency when different tillage systems are applied*. Romanian Agricultural Research, 28: 121-130.
- ELLIOTT, J.A., EFETHA, A.A., 1999 – *Influence of tillage and cropping systems on soil organic matter, structure and infiltration in a rolling landscape*. Canadian Journal of Soil Science, 79: 457-463.
- KARLEN, D.L., VARVEL, G.E., BULLOCK, D.G., CRUSE, R.M., 1994 – *Crop rotations for the 21st-Century*. Advances in Agronomy, 53: 1-45.
- MANDAL, U.K., SINGH, G., VICTOR, U.S., SHARMA, K.L., 2003 – *Green manuring: its effect on soil properties and crop growth under rice-wheat cropping system*. European Journal of Agronomy, 19: 225-237.

- MCGARRY, D., 2002 – *Conservation agriculture practices for sustainable cotton production, through improved soil structure and increased water use efficiency*. Proceedings of the workshop on Conservation Agriculture for Sustainable Wheat Production in Rotation with Cotton in Limited Water Resource Areas, 14-18 October 2002, Tashkent, Uzbekistan.
- MORENO, F., PELEGRIN, F., FERNANDEZ, J.E., MURILLO, J.M., 1997 – *Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain*. Soil and Tillage Research, 41: 25-42.
- RAIMBAULT, B.A., VYN, T.J., 1991 – *Crop-Rotation and Tillage effects on Corn Growth and Soil Structural Stability*. Agronomy Journal, 83: 979-985.
- RILEY, H.C.F., 1998 – *Soil mineral-N and N-fertilizer requirements of spring cereals in two long-term tillage trials on loam soil in southeast Norway*. Soil and Tillage Research, 48: 265-274.
- SCOTFORD, I.M., MILLER, P.C.H., 2004 – *Estimating tiller density and leaf area index of winter wheat using spectral reflectance and ultrasonic sensing techniques*. Biosyst. Eng., 87: 27-38.
- SHAVER, T.M., PETERSON, G.A., AHUJA, L.R., WESTFALL, D.G., SHERROD, L.A., DUNN, G., 2002 – *Surface soil physical properties after twelve years of dryland no-till management*. Soil Science Society of America Journal, 66: 1296-1303.
- VETSCH, J.A., RANDALL, G.W., 2004 – *Corn production as affected by nitrogen application timing and tillage*. Agronomy Journal, 96: 502-509.
- VYN, T.J., RAIMBAULT, B.A., 1993 – *Long-term Effect of 5 Tillage Systems on Corn Response and Soil-Structure*. Agronomy Journal, 85: 1074-1079.