

Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului
„Regele Mihai I al României” din Timișoara



Facultatea de Agricultură

DATCU T. ADINA-DANIELA

Rezumat
TEZĂ DE DOCTORAT

**VARIAȚIA UNOR INDICI FIZIOLOGICI, A PRODUCȚIEI ȘI
A CALITĂȚII LA GRÂU ÎN RAPORT CU SISTEMUL DE
FERTILIZARE**

Conducător Științific

PROF. DR. ING. FLORIN SALA

Timișoara

2020

STRUCTURA TEZEI

Prezenta teză de doctorat, intitulată „Variația unor indici fiziologici, a producției și a calității în raport cu sistemele de fertilizare” a rezultat ca urmare a studiilor realizate între anii 2017-2020 și este structurată în patru părți.

Prima parte cuprinde noțiuni legate despre stadiul actual al cunoașterii în ceea ce privește cerințele de nutriție la grâu, dar și fertilizarea cu azotat de amoniu și cea cu zinc.

A doua parte, cea de contribuții proprii, conține date despre descrierea cadrului natural în care a fost realizată cercetarea, precum și materialele și metodele folosite, dar și rezultatele obținute în urma determinării unor indici fiziologici, ai producției și ai calității la grâu în raport cu sistemele de fertilizare.

A treia parte conține concluziile studiului și recomandările de urmat pentru o eficientizare a producției și calității în raport cu sistemele de fertilizare, iar a patra parte face referire la elementele de originalitate caracteristice pentru această teză.

Lucrarea conține un număr de 133 de pagini, 75 de tabele, 11 figuri și 305 surse bibliografice.

CUVINTE CHEIE: grâu, analize de calitate, producție, indici fiziologici, fertilizatori, azotat de amoniu, compuși cu zinc

GENERALITĂȚI

Grâul (*Triticum aestivum* L.), reprezintă cea mai importantă plantă de cultură din grupul cerealelor (Peña și col., 2006) și este principala sursă de proteine, fibre și energie pentru o mare proporție din populația de pe mapamond (Abdel-Aal și Huclw, 2002). Se consideră că grâul este prima specie domesticită de către om, fiind pilonul de bază al dietei pentru civilizațiile asiatice, europene și africane, iar această trăsătură i-a permis să se extindă pe toate teritoriile agricole din lume (Rigatti și col., 2018). Așadar, este cea mai cultivată plantă de acest fel din lume, cu peste șase sute de milioane de tone produse anual la nivel global (Asseng și col., 2011).

Cultivarea grâului este de importanță fundamentală pentru ferme de dimensiuni mici și mari, pentru că se integrează bine în scheme de rotație sau succesiune, după culturi de soia și de porumb în sistem de însămânțare directă (Rigatti și col., 2018).

Din punct de vedere istoric, există dovezi că primele culturi datează din anii 6700 î.Hr. în zona Mesopotamiei, respectiv teritoriul actual al Irakului (Tomasini și Ambrosi, 1998). Din punct de vedere morfologic, planta de grâu este constituită din tulpina principală și frați, fiecare tulpină având internoduri, pedunculi și spice (Rigatti și col., 2018). Sistemul radicular este de tip fasciculat, iar frunzele sunt formate dintr-o teacă, o lamină, ligula și o pereche de urechiușe la baza laminei foliare, aranjate în alternanță, formând un unghi de 180 de grade între o frunză și alta (Rigatti și col., 2018). Lipsește așadar pețiolul.

Tulpina este un pai cilindric, cu patru până la șapte internoduri, iar dimensiunile plantei variază în funcție de genotip și condițiile de creștere (Rigatti și col., 2018).

Inflorescența este un spic compus, distih, formată din spiculețe dispuse opus sau în alternanță pe un rahis. Spicul poate varia foarte mult în ceea ce privește forma, lungimea, lățimea densitatea (Rigatti și col., 2018).

Din punct de vedere al nutriției plantelor, există 17 nutrienți esențiali pentru plante, dintre care se disting elementele structurale, respectiv hidrogenul, carbonul și oxigenul, nutrienții primari, cei secundari și micronutrienții (Timilsena și col., 2014). Elementele minerale sunt componente esențiale ale metabolismului plantelor și adesea se acumulează în semințe (Peterson și col., 1983).

Carbonul, hidrogenul și oxigenul sunt de obicei preluați din aer, prin frunze și din apă, prin rădăcini, iar nutrienții minerali sunt absorbiți cel mai adesea prin rădăcini (Timilsena și col., 2014).

Azotul (N) este un macronutrient principal care acționează creșterii și dezvoltării la plante (Hawkesford, 2014). Aplicarea de fertilizatori care conțin azot în agricultură a crescut marcant de la începutul secolului XX (Hawkesford, 2014). Azotul este necesar pentru aparatul fotosintetic, senescența unei culturi limitând continuarea activității fotosintetice și apoi producția (Hawkesford, 2014).

Deși fertilizarea cu azot va rămâne în continuare esențială pentru asigurarea hranei, adățiile de azot din alte surse se pare că se vor realiza mai semnificativ în lume (Ladha și col., 2016).

Zincul (Zn) este și el un micronutrient cu multiple roluri pentru plantele de cultură. Deficiența de zinc este cel mai des întâlnită în mediile aride și semiaride pe soluri saline (Rehman și col., 2017). În plus, solurile care sunt în mod natural bogate în carbon organic, ori cele îmbibate cu apă (Ahmad și col., 2012) prezintă aceeași caracteristică.

Pe de altă parte, materia organică din sol are un rol important în solubilitatea și disponibilitatea zincului la plantele în creștere (Harter, 1991).

Disponibilitatea acestui micronutrient în soluri este influențată de conținutul de materie organică (Rehman și col., 2017). Astfel, în solurile cu un conținut redus de materie organică, în condiții de creștere a cantității de materie organică se poate intensifica formarea de complexe solubile, care pot mări absorbția zincului de către plante (Ozkutlu și col., 2006).

Alloway (2004) a semnalat o corelație pozitivă semnificativă între metalul extractibil din sol și conținutul de materie organică a solului.

Zincul este un micronutrient implicat într-o mare varietate de procese fiziologice și biochimice (Marschner, 2012) la plante. Acesta este crucial pentru multe procese fiziologice printre care activarea enzimelor, sinteza proteică și metabolismul acizilor nucleici și al carbohidraților la grâu (Cakmak 2000; Palmer și Guerinot, 2009).

Este singurul metal prezent în enzime aparținând la toate cele șase clase, având roluri catalitice, reglatorii și structurale (Vallee și Auld, 1992; Coleman 1992).

Zincul protejează plantele de efectele adverse ale stresului abiotic prin reglarea expresiei genice, menținerea creșterii radiculare și acțiunea asupra speciilor reactive de oxigen prin reglarea activităților antioxidanților enzimatici (Rehman și col., 2017).

Acesta este necesar și pentru a menține și regula expresia genelor în condiții de stres abiotic, de exemplu extreme de temperatură sau de lumină.

La nivel global mai mult de două miliarde de oameni suferă de una sau mai multe deficiențe micronutriționale (Kumssa și col., 2015).

Deficiențele de zinc în hrană sunt o problemă globală, afectând sănătatea umană în general și mai ales dezvoltarea copiilor și a femeilor gravide sau lăuze (Xue și col., 2016).

Aceasta este asociată cu o gamă largă de probleme fiziologice, precum retard în creștere, dezvoltarea deficitară a creierului, susceptibilitate crescută la boli infecțioase precum pneumonia, performanță fizică și productivitate la muncă scăzute (Terrin și col., 2015).

Hrana bazată pe cereale reprezintă calea cel mai bine de urmat pentru a asigura o parte din micronutrienți în țări cu o mare incidență a malnutriției (Chen și col., 2017).

SCOP ȘI OBIECTIVE

Prezenta teză de doctorat a avut ca scop principal investigarea unor indici de calitate, de producție și ecofiziologici în funcție de fertilizarea cu azot și zinc la grâu (*Triticum aestivum* L.), soiul Ciprian. Necesitatea studiului a apărut din nevoia de a evalua influența celor două elemente minerale asupra unor indici fiziologici, ai producției și calității la grâu. Factorii tehnologici, în general, și în particular utilizarea de fertilizatori, determină modificări cantitative și calitative ale grâului, devenind astfel de interes în prezenta teză.

Această lucrare include teste pe diverse tipuri de materiale vegetale (biomasă, frunze, boabe, măcinătură), prin care se pot caracteriza soiuri autohtone de grâu, respectiv soiul Ciprian. Indicii de productivitate, dar și cei de calitate oferă informații despre influența substanțelor cu rol de fertilizator asupra recoltei și valorii nutriționale a acesteia. Pe de altă parte, indicii fiziologici sunt testați la cât mai multe specii de plante, aceștia aducând în atenție influența condițiilor climatice și a habitatului asupra plantelor.

Poate una dintre cele mai mari provocări ale omenirii în următoarele decenii va fi nevoia de a satisface cerințele nutriționale ale unei populații în creștere la nivel global, în timp ce rezervele disponibile de apă scad constant (Pask și Reynolds, 2013), iar resursele terenurilor agricole și arabile pe cap de locuitor sunt în trend descrescător.

Datorită faptului că grâul reprezintă una dintre cele trei cereale de bază în lume, o producție mare a acestei culturi va avea un rol important în alimentație, dar aceasta este foarte sensibilă la variații climatice și ale mediului (Semenov și Stratonovitch, 2013). Astfel, grâul este în mod constant studiat cu scopul de a-l caracteriza și optimiza.

Obiectivele specifice prezentei teze de doctorat au avut caracter experimental și interdisciplinar, vizând analiza cumulată a mai multor tipuri de indici cu scopul de a obține o viziune cât mai reală despre influența celor două elemente nutritive asupra producției și calității la grâu, fiind luat în calcul soiul Ciprian.

Pentru abordarea temei propuse și derularea cercetărilor cu scopul obținerii unei teze de doctorat complexe, au fost avute în vedere următoarele obiective specifice:

- Documentare și informare

Acest obiectiv a vizat documentarea prin parcurgerea literaturii de specialitate, respectiv a articolelor științifice, recenziilor și cărților care au legătură cu tema prezentei teze.

Documentarea și informarea au fost realizate pe întreaga perioadă a doctoranturii și au urmărit literatura cu privire la rolul elementelor nutritive asupra productivității, calității și fiziologiei la grâu, precum și alte studii conexe relevante.

- Determinarea indicilor de fiziologici la grâu în funcție de sistemele de fertilizare

Indicii fiziologici studiați au implicat pe de-o parte biomasa supraterană, ca de exemplu: biomasa supraterană proaspătă și uscată și pe de altă parte, au urmărit variațiile întâlnite la nivelul frunzelor.

Aici au fost analizate greutatea proaspătă și uscată ale frunzelor, conținutul de cenușă, cantitatea inițială de apă din frunze, materia organică, conținuturile de substanțe organice și minerale, raportul între organic și mineral, densitatea tisulară, succulența, greutatea la turgescență, conținutul relativ de apă foliară, precum și deficitul de saturație.

Mai mult, au fost analizate frunzele și cu ajutorul unui software specific analizei imaginilor, fiind obținute lungimile, perimetrele și ariile foliare. Au fost realizate și determinări manuale ale lungimii și lățimii frunzelor, rezultând, prin comparare cu aria foliară scanată, un factor de corecție specific soiului analizat, folosit în determinarea prin metoda tradițională a ariei. De asemenea, au fost descriși alți indici rezultați prin analizarea indicilor obținuți cu software-ul respectiv și indici gravimetrici.

- Determinarea indicilor de productivitate la grâu în funcție de sistemele de fertilizare

Indicii de productivitate analizați au fost numărul de spice m^{-2} cu ajutorul ramei metrice, în câmp și lungimea spicelor, numărul de spiculețe per spic, numărul de boabe per spic și greutatea boabelor per spic.

Variantele analizate în anul agricol 2017-2018 au fost Zn0-Zn4 pe fond de N0.

În anul agricol 2018-2019 au fost analizate aceleași variante de zinc, pe fond de N0, N50 și N100.

- Determinarea indicilor de calitate la grâu în funcție de sistemele de fertilizare

Indicii de calitate analizați au fost conținutul de proteină brută, umiditatea, temperatura probelor de grâu, masa hectolitrică, conținutul de gluten, valorile indicelui de sedimentare, conținutul de fibre, cel de elemente minerale și cel de aminoacizi și masa a o mie de boabe.

- Valorificarea rezultatelor cercetării prin publicații și participarea la conferințe, simpozioane sau alte evenimente cu caracter științific.

Aceste studii au presupus activități ce cercetare complexe, în care s-a realizat o abordare interdisciplinară, cu scopul de a crea o nouă cunoaștere. Rezultatele obținute au un caracter puternic transdisciplinar, datorită investigațiilor ce țin de diverse domenii precum fiziologia plantelor, biochimie, agronomie, iar prin abordări separate caracterizarea în detaliu a acestora ar fi mult mai greu de obținut.

Această teză a fost realizată pornind de la considerente generale, obiectivele împreună cu activitățile componente fiind abordate atât integrat cât și separat, specific fiecărei activități/domeniu, pentru redactarea tezei, la un nivel științific și tehnic ridicat, pentru siguranță și obiectivitate științifică a rezultatelor.

Soiul de grâu analizat a fost Ciprian, produs de SCDA Lovrin. Au fost folosite mai multe variante experimentale, ce includeau doze de azot: 0, 50, 100, 150, 200 $kg\ ha^{-1}$ și doze variabile de zinc, notate convențional Zn0, Zn1, Zn2, Zn3, Zn4, precum și combinații între ele. În anul agricol 2017-2018 a fost realizat un tratament foliar la grâu pe fond N0. În anul agricol 2018-2019 au fost realizate două tratamente foliare cu zinc pe trei fonduri de azot: N0, N50 și N100.

Studiile în câmp au fost realizate în cadrul Stațiunii Didactice și Experimentale a Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului „Regele Mihai I al României” din Timișoara în doi ani agricoli: 2017-2018 și 2018-2019. Pentru a obține modele mai precise, unii indici au fost interpretați și realizând media între valorile din cei doi ani. Câmpul este localizat la 45°46' Latitudine Nordică, 21°25' Longitudine Estică, la aproximativ 85 m deasupra nivelului mării.

Analizele statistice au fost realizate cu Microsoft Office Excel și PAST v 3.20.

REZULTATE

Azotul este acel macronutrient cu numeroase roluri pentru creștere și dezvoltare a plantei, dar și un element care influențează clar calitatea boabelor de grâu. Efectele fertilizării cu azot asupra indicilor fiziologici la grâu au fost evidente. S-a observat că la creșterea dozei de azot cresc greutatea în stare proaspătă, uscată, dar și conținutul inițial de apă la probele de biomasă supraterană.

Biomasa proaspătă a crescut proporțional cu creșterea dozei de azot ($r^2 = 0,988$). Pentru acest indice, cea mai mică valoare a fost înregistrată pentru probele din varianta N0 (BSP = 6016,0800 kg ha⁻¹). Cea mai mare valoare a aceluiași parametru a fost obținută pentru probele din varianta N200 (BSP = 31533,4933 kg ha⁻¹).

Este cunoscut faptul că disponibilitatea azotului este un determinant important al creșterii și productivității culturii (van Keulen și col. 1989). În condiții de lipsă a unui stres hidric, statusul azotului unei culturi este factorul principal care controlează rata acumulării biomasei (Jensen și col. 1990) și, în orice moment, există o puternică legătură între azot și biomasă.

Aceste eșantioane au fost apoi uscate în etuvă, fiind obținute valorile de biomasă uscată.

Biomasa supraterană uscată – BSU a prezentat de asemenea o creștere atunci când cantitatea de azotat de amoniu a fost suplimentată ($r^2 = 0,982$).

Cele mai mici valori ale acestui parametru au fost înregistrate pentru probele din varianta N0 (BSU = 1634,7467 kg ha⁻¹) și cea mai mare valoare medie a fost observată la probele N200 (BSU = 8435,1200 kg ha⁻¹). Se cunoaște că la nivel global, aproximativ 850 Tg de reziduuri de la grâu sunt produse anual (Talebniya și col. 2010). Biomasa supraterană este importantă deoarece include paie, care pot fi utilizate în industrie. A fost dovedită cu succes utilitatea acestora pentru producția biogazului, a bioetanolului, dar și a biohidrogenului (Fan și col. 2006; Linde și col. 2007).

Biomasa uscată a grâului, ca și orice altă biomasă cu compoziție lignocelulozică, conține o mixtură complexă de lignină, celuloză și hemiceluloză ca și componente principale și o cantitate mică de substrate solubile și cenușă (Talebniya și col. 2010). Glucidele eliberate din paie prin pretratament hidrotermic au fost folosite în producerea de biocombustibili (Kaparaju și col. 2009). Așadar, studiile pe producția de biomasă pot fi legate de alte utilizări ale grâului.

O altă variantă de studiu a biomasei supraterane presupune secționarea și aducerea în laborator a unui număr de plante din variantele experimentale, prelevate randomizat, dar în interiorul parcelelor cu variantele experimentale.

Astfel, pentru frunze a fost determinată greutatea proaspătă (GP), greutatea uscată (GU), conținutul de cenușă (CC), cantitatea inițială de apă (CIA) și materia organică (MO). În general, aceste valori cresc la creșterea dozei de azot. Alți indici fiziologici, precum densitatea tisulară nu au prezentat aceleași trenduri.

Pe de altă parte, indicii fiziologici au putut fi studiați cu ajutorul software-urilor specializate în analiza imaginilor. Astfel, a devenit mai ușoară obținerea lungimii frunzelor, dar și determinarea perimetrului și a ariei foliare.

Lungimea frunzelor la probelor fertilizate cu azot a crescut la creșterea dozei de fertilizant. Același trend a putut fi observat în cazul valorilor medii ale ariei foliare. Perimetrul frunzelor însă nu a înregistrat valori maxime la probele N200, ci la N150.

Prin combinarea analizei imaginilor cu indicii gravimetrice au putut fi determinați mai ușor o sumă de alți indici care pot fi folosiți în prognozarea producției la grâu: suprafața specifică foliară și greutatea specifică foliară în funcție de doza de azot. Acest ultim indice a fost propus pentru a fi folosit ca metodă de analiză a eficienței fertilizării la grâu.

Ca element de noutate, au fost introduși alți doi indici care exprimă trendurile de distribuție a materiei organice și a conținutului de substanțe minerale raportate la suprafață. Materia organică raportată la suprafață a crescut la creșterea dozei de azot, dar conținutul de cenușă raportat la suprafață nu a prezentat aceleași modificări în funcție de doză. Conținutul de cenușă raportat la suprafața investigată a fost cel mai mic la probele N200 și cel mai mare la probele N0. Se observă că acumularea de substanțe minerale nu se face precum acumularea de apă sau substanțe de natură organică. Perimetrul frunzelor a fost puternic corelat pozitiv cu lungimea probelor măsurată cu software-ul, dar și cu cea măsurată manual.

O foarte puternică corelație pozitivă a fost obținută între lungimile probelor măsurate cu Digimizer și cele măsurate manual ($r = 0,999$). Lățimea probelor nu a fost foarte puternic corelată, pozitiv sau negativ, cu un alt indice.

În general CM și DMT au fost corelați negativ cu restul indicilor, deși nu foarte puternic.

Greutatea uscată a fost foarte puternic corelată pozitiv cu MO ($r = 0,999$).

Această matrice a arătat că există o strânsă legătură între dimensiunile frunzelor determinate manual sau cu ajutorul Digimizer și indicii gravimetrice și fiziologici care caracterizează frunzele.

Aplicarea optimă de azotat de amoniu determină modificări a diversilor indici, printre care greutatea uscată, masa de substanțe organice per ansamblu sau raportat la suprafață, aria și lungimea frunzelor. Așadar,

azotul are efecte directe asupra acumulării în mezofil de substanțe organice, creșterea dimensiunilor, în special lungimi, dar și asupra ariei foliare, perimetrului, suprafeței și greutateii specifice foliare.

De asemenea, a fost determinat și factorul de corecție care ajută la determinarea ariei foliare prin metoda clasică. Acest factor are o valoare standard specifică pentru soi și a fost determinat prin compararea valorilor ariilor foliare măsurate și scanate.

Indicii de producție analizați în funcție de doza de zinc la soiul de grâu Ciprian au avut în foarte mare parte valori crescute la dozele crescute de zinc. În primul an de studiu au fost analizați indicii de producție în funcție de doza de zinc, pe fond N0. În al doilea an de studiu, au fost analizați acești indici pe fond de N0, N50 și N100, iar zincul a fost aplicat foliar tot în cele 5 doze.

Lungimea spicului, numărul de spiculețe, cel de boabe, greutatea boabelor, numărul de spice mari și numărul per ansamblu de spice au crescut, liniar sau polinomial, la creșterea dozei de zinc, în primul an de studiu.

În cel de-al doilea an au putut fi evidențiate efecte sinergice ale azotului și zinc asupra indicilor de producție la grâu. Cele mai mari valori au fost obținute pentru N100 și Zn3 sau Zn4.

Dintre indicii de calitate, cele mai puternice efecte ale fertilizării cu azot au fost observate la valorile conținuturilor de proteine, gluten, la MH, MMB dar și la Indicele Zeleny. Temperatura probelor, umiditatea lor, conținutul de fibre și cel de aminoacizi nu au fost foarte puternic afectate de doza de fertilizant ci mai puțin.

În general, dozarea optimă a azotului ajută cultura de grâu soiul Ciprian la creșteri ale masei foliare și biomasei în general în stadiile timpurii de vegetație. În primă fază au loc investiții în partea supraterană verde, rezultând mai mult țesut cu rol în fotosinteză, care ulterior determină creșteri ale indicilor ce caracterizează cantitativ și calitativ spicele și boabele. Azotul a determinat lungimi mai mari ale spicelor, mai multe spiculețe și boabe per spic și greutatea mai mari ale boabelor, dar și creșteri ale principalilor indici calitativi.

Indicii gravimetrice în general au avut valori mai mari la probele fertilizate cu o doză mai mare de zinc. Indicii analizați cu ajutorul software-ului Digimizer au prezentat cele mai mici valori la probele Zn0 și cele mai mari la probele Zn3 sau Zn4, deci doze mari.

Productivitatea a crescut de asemenea la niveluri mai mari de fertilizare cu zinc. În plus, elementele de calitate au prezentat variații în funcție de doza de fertilizator.

Conținutul de proteine, masa hectolitrică, masa a o mie de boabe, Indicele lui Zeleny au crescut la creșteri ale dozei de zinc aplicate.

Astfel, fertilizările cu azotat de amoniu și zinc produc schimbări calitative și cantitative ale plantei de grâu, dar și la nivelul boabelor.

Este necesară găsirea unei valori optime de fertilizator aplicat pentru cultura de grâu pentru a avea un raport cost-beneficiu bun. Deși amendamentele au costuri destul de ridicate, determină obținerea unui grâu mai calitativ și astfel se echilibrează investiția.

CONCLUZII ȘI ELEMENTE DE NOUȚATE

Obiectivele practice ale prezentei teze au fost atinse prin numeroase testări realizate în doi ani agricoli, dar au fost luate în calcul și valorile medii pentru perioada de studiu.

În ceea ce privește valorificarea rezultatelor cercetării, acesta a fost atins prin redactarea unui număr de opt articole științifice.

Prezenta cercetare are un caracter interdisciplinar și înglobează tehnici și cunoștințe specifice mai multor domenii în contextul actual. Cercetările ar putea continua pe indicii fiziologici pentru putea previziona mai potrivit și mai repede producția. De asemenea sunt de interes studii pe calitatea și producția de grâu în funcție de alte doze sau alte fertilizanți pentru a obține o eficientizare a cultivării.

Avantajele rezultate în urma contribuțiilor din prezenta teză de doctorat sunt corelate cu factorul timp. Astfel, testările timpurii în cultură oferă informații legate de producția așteptată. La fertilizări mai mari s-au observat creșteri ale indicilor gravimetrice analizați, putând fi observate legături între indici.

De asemenea, a fost adaptată o metodă de analiză fiziologică. Scanările sau fotografiile realizate cu telefonul mobil duc la obținerea lungimii și ariei foliare, iar acestea pot duce, împreună cu greutatea proaspete, uscate, materia organică sau conținutul de cenușă spre dezvoltarea sau adaptarea de indici care arată efectele fertilizării.

În cazul prezentei teze, deși este vorba de o abordare transdisciplinară, există tenduri și concluzii uniforme. Desigur, cercetările în oricare dintre aceste domenii pot continua, aducând elemente de cunoaștere nouă.

În aceasta teză de doctorat sunt prezentate aspecte ale diverselor modificări ce apar ca urmare a aplicării fertilizatorilor asupra culturii de grâu, soiul Ciprian.

Studiile pe efectele azotatului de amoniu asupra grâului au fost în principal legate de partea supraterană a plantei, nu doar de spic. Astfel, rezultate clare au fost observate după determinarea indicilor gravimetrice la nivelul biomasei supraterane sau la nivelul frunzelor.

De asemenea, indicii de producție și cei de calitate au prezentat modificări în funcție de doză. Pentru probele fertilizate cu zinc au fost observate de asemenea modificări în funcție de doza folosită. Majoritatea indicilor gravimetrice au crescut la creșterea dozei de zinc. Mai mult, s-au observat creșteri ale calității și cantității culturii.

Zincul reprezintă un micronutrient cu numeroase roluri pentru organismul uman și este nevoie de suplimentarea acestuia prin hrană deoarece există carențe nutriționale mari la nivel mondiale legate de zinc. Prezenta teză conține contribuții legate de efectele fertilizării cu acest compus la nivel foliar, primăvara pentru soiul de grâu obținut local, în județul Timiș, la SCDA Lovrin, Ciprian pentru doi ani de studiu și valorile medii în general.

Banat's University of Agricultural Sciences and Veterinary
"King Michael I of Romania" from Timișoara



Faculty of Agriculture
DATCU T. ADINA-DANIELA

Abstract

Ph.D THESIS

**VARIATION OF SOME PHYSIOLOGICAL, YIELD AND
QUALITY INDICES FOR WHEAT IN REGARD TO
FERTILIZATION SYSTEM**

Scientific Coordinator

PROF. ENG. FLORIN SALA, PhD

Timișoara

2020

STRUCTURE OF THESIS

This PhD thesis entitled “The variation of some physiological, yield and quality indices for wheat in regard to fertilization system” is structured into 4 parts.

The first part contains notions about the current knowledge level in regard to wheat nutritional requirements, but also about fertilization with ammonium nitrate and zinc.

The second, entitled Personal Contributions, contains data about the description of the natural framework in which the research was conducted, but also the materials and methods used and the results obtained after the determination of some physiological, production and quality indices in regard to the fertilization systems.

The third part contains the study’s conclusions and recommendations to follow for a better efficiency of production and quality in regard to fertilization systems, and the fourth part refers to elements of originality characteristic to this thesis.

The paper contains 133 pages, 75 tables, 11 figures and 305 bibliographical references.

KEYWORDS: wheat, quality analysis, production, physiological indices, fertilizers, ammonium nitrate, zinc compounds.

GENERALITIES

Wheat (*Triticum aestivum* L.) represents the most important crop plant from cereal group (Peña et al., 2006), being the principal protein, fibers and energy source for a large proportion of world population (Abdel-Aal and Huclw, 2002). It is considered that wheat is the first domesticated species by humans and is the main pylon of the diet for Asian, European and African civilizations and this characteristic it permitted to extend in all agricultural territories around the world (Rigatti et al., 2018). Thus, it is the most cultivated plant globally, with over 600 million tons produced annually (Assent et al., 2011).

Wheat cultivation has a fundamental importance for small and medium farms because this crop is well integrated in rotation or succession schemes, after soy or maize crops, in direct seeding systems (Rigatti et al., 2018).

Historically, there are evidences that first crops are from 6700 b. Ch. in Mesopotamia zone, actual Iraq territory (Tomasini and Ambrosi, 1998). Morphologically, wheat plant is constituted of main shoot and secondary stems, each shoot having internodes, peduncles and spikes (Rigatti et al., 2018).

Root system is fasciculate, and the leaves are formed from a base, a lamina, ligule and a pair of ears situated at the base of foliar lamina, alternative, forming a 180 degree between leaves (Rigatti et al., 2018). Petiole is missing.

The shoot is a cylindrical straw, with 4 to 7 internodes and the sizes of the plant vary depending on genotype and growth conditions (Rigatti et al., 2018).

The inflorescence is a spike, distichous, formed from spikelets opposite or alternatively arranged on a rachis. The spike can vary much regarding its shape, length, width, density (Rigatti et al., 2018).

Regarding plant nutrition, there are 17 essential nutrients for plants, of which can be discern the structural elements, hydrogen, oxygen and carbon, primary nutrients, the secondary ones and micronutrients (Timilsena et al., 2014). Mineral elements are essential for plant metabolism. Frequently these are accumulated in seeds (Peterson et al., 1983).

Carbon, hydrogen and oxygen are commonly taken from atmosphere, through leaves and from water, through roots and the mineral nutrients are generally absorbed through roots (Timilsena et al., 2014).

Nitrogen (N) is a main macronutrient which has effects on the growth and development of plants (Hawkesford, 2014). The application of fertilizers which contain nitrogen in agriculture grew significantly at the beginning of XX century (Hawkesford, 2014).

Nitrogen is important for the photosynthetic apparatus, a crop growing old having reduced photosynthetic activity and productivity (Hawkesford, 2014).

Though nitrogen fertilization will remain essential for food security, it seems that nitrogen additions from other sources will be more significant throughout the world (Ladha et al., 2016).

Zinc is micronutrient which also has multiple functions for the crop plants. Zinc deficiency is most common in arid or semiarid environments and on saline soils (Rehman et al., 2017). Moreover, soils that are naturally rich in organic carbon, or soils imbibed with water (Ahmad et al., 2012) exhibit the same characteristics.

Alloway (2004) reported a positive correlation between extractable metal from soil and its content of organic matter.

Zinc is a micronutrient implied in a large variety of biochemical and physiological processes (Marschner, 2012) in plants. It is crucial for a lot of physiological processes like enzyme activation, protein synthesis and the metabolism of nucleic acids and carbohydrates in wheat (Cakmak 2000; Palmer and Guerinot, 2009).

It is the only metal present in enzymes which pertain to all six classes and has catalytic, regulatory or structural roles (Vallee and Auld, 1992; Coleman 1992).

Zinc protects the plants from adverse effects of abiotic stress through regulating genetic expression, maintaining radicular growth and by action on the reactive species of oxygen by regulating the activity of enzymatic antioxidants (Rehman and col., 2017).

This is necessary in order to maintain and regulated gene expression in conditions of abiotic stress like temperature and light extremes.

At global level, more than two billion people suffer from one or more micronutritional deficiencies (Kumssa et al., 2015).

This is associated with a large range of physiological problems, like growth retard, poor brain development, increased susceptibility to infectious diseases like pneumonia, poor physical performance and work related productivity (Terrin et al., 2015).

Food based on cereals represent the best way to follow in order to insure a part of micronutrients in countries with a high incidence of malnutrition (Chen et al., 2017).

SCOPE AND OBJECTIVES

The present thesis had as its main scope the investigation of some quality, production and ecophysiological indices in regard to zinc and nitrogen fertilizations on wheat (*Triticum aestivum* L.), Ciprian cultivar. The necessity for this study appeared from the need to evaluate the influence of the two minerals on some physiological, production and quality indices for wheat. Technological factors, in general, and in particular utilization of fertilizers, determine qualitative and quantitative changes of wheat, thus being of interest in this thesis.

This paper includes tests on diverse types of vegetal matter (biomass, leaves, kernels, flour) through which local cultivars can be characterized, Ciprian cultivar respectively. Productivity indices, but also the quality ones give information about the influence of substances with fertilizer role to crop and nutritional value of these. On the other hand, physiological indices are tested on many plant species, these giving notions about the climacteric conditions and the habitat influences on plants.

Maybe one of the biggest challenges of the humanity in the next decades will be the need to satisfy the nutritional requirements of a growing population globally, when the water resources decrease constantly (Pask and Reynolds, 2013), and agricultural terrains resources and the crop per capita decrease also.

Due to the fact that wheat represents one of the three base cereals in the world, a higher production will have a significant role in alimentation, but this is very sensitive to climate and habitat variations (Semenov and Stratonovitch, 2013). So, wheat is studied in order to characterize and optimize it.

The specific objectives of this PhD thesis had experimental and interdisciplinary character, aiming the cumulative analysis of many types of indices to obtain a realistic vision about the influence of the two nutritive elements on quality and production of wheat, for Ciprian cv.

For the approach of the proposed theme, some specific objectives were taken into consideration:

- Documentation and informing

This objective aimed the documentation utilizing specific literature, scientific articles respectively, reviews and books relating with the theme of the present thesis.

The documentation and information were realized during the whole period of PhD and followed the literature in regard to the role of nutritive element on productivity, quality and physiology of wheat, but also other relevant studies.

- Determination of physiological indices for wheat in regard to fertilization systems

Here the fresh and dry weights, ash content, initial quantity of water in the leaves, organic matter, organic and mineral substances content, the ratio between organic and mineral contents, titular density, succulence, turgescence weight, leaf relative water content and saturation deficit of the leaves were analyzed.

Moreover, the leaves were analyzed with a specific software for image analysis and the lengths, perimeters and area were obtained. Manual determinations of length and width of leaves were performed, resulting by comparing with scanned foliar area, a correction factor specific to the analyzed cultivar, utilized in the traditional determination of area. Also, other indices resulted through analysis of obtained indices with the software and gravimetric values, were described.

- Determination of productivity indices for wheat in regard to fertilization systems

Analyzed productivity indices were number of spikes m^{-2} , using a metric frame, in the field and spike length, number of spikelets per spike, number of kernels per spike and weight of kernels per spike.

The variants analyzed in agricultural year 2017-2018 were Zn0-Zn4 on N0 background.

In the agricultural year 2018-2019 the same variants of zinc, on background of N0, N50 and N100 were analyzed.

- Determination of quality indices for wheat in regard to fertilization systems

The analyzed quality indices were gross protein content, humidity, temperature of wheat kernels, hectolitic mass, gluten content, sedimentation index values, fiber, mineral elements and aminoacids contents, and thousand kernels weight.

- The harness of researches resulted through publications and attending to conferences, symposiums and other scientific events.

These studies were from complex research activities, where an interdisciplinary approach was realized with the aim to generate a new knowledge. The obtained results have a strong transdisciplinary character because of the investigations from plant physiology, biochemistry, agronomy fields, and through separated approaches its characterization were harder to obtain.

This thesis was done starting with general considerations, the objectives together with their activities being studied integrated, but also separated, specifically for every activity/domain, for thesis writing at a high scientific and technic level, for safety and scientific objectivity of the results.

The analyzed wheat cultivar was Ciprian, produced by ARDS Lovrin.

There were used many experimental variants, which contained nitrogen: 0, 50, 100, 150 and 200 $kg\ ha^{-1}$ active substance and variable zinc doses, conventionally noted as Zn0, Zn1, Zn2, Zn3, Zn4, but also combinations between them.

In 2017-2018 agricultural year a zinc treatment was foliary applied on N0 variant plants. In 2018-2019 agricultural year two foliar treatments with zinc were realized on three nitrogen variants plants: N0, N50 and N100.

Field studies were done within Didactic Station of Banat's University of Agricultural Science and Veterinary Medicine „King Michael I of Romania” from Timisoara in two agricultural years: 2017-2018 and 2018-2019. For obtaining more precise models, some indices were interpreted also by doing the average between the values from the 2 years. The field is located at 45°46' Nordic Latitude and 21°25' East Longitude, at approximatively 85 meters above the sea.

Statistical analysis were done using Microsoft Office Excel and PAST v. 3.20.

RESULTS

Nitrogen is a macronutrient with many roles in the growth and development of the plant, but also an element which influences clearly the quality of wheat kernels. Nitrogen fertilization effects on physiological indices on wheat were noticed. It was observed that when nitrogen dose increases, fresh and dry weights and initial water content for aboveground biomass also increases.

Fresh aboveground biomass increased proportionally when the N dose increased ($R^2 = 0.988$). The lowest value was recorded for N0 probes ($6016.0800 \text{ kg ha}^{-1}$) and the highest value was obtained for N200 probes ($31533.4933 \text{ kg ha}^{-1}$).

It is a known fact that N availability is an important determinant of crop growth and productivity (Van Keulen et al., 1989).

Under nonlimiting water supply, the N status of a crop is the major factor controlling the rate of biomass accumulation (Jensen et al., 1990), and, at any given time, there is a strong relationship between N and biomass.

These probes were then dried in an oven, dry aboveground biomass values being obtained.

Dry aboveground biomass presented also an increase when the amount of ammonium nitrate was supplemented ($r^2 = 0.982$).

The lowest values of this index were recorded for N0 probes ($1634.7467 \text{ kg ha}^{-1}$) and the highest value was noticed on N 200 samples ($8435.1200 \text{ kg ha}^{-1}$). In addition, globally about 850 Tg of wheat residues are annually produced (Talebna et al., 2010). The aboveground biomass is important because is the base of wheat straw which can be utilized in industry. Use of wheat straw for single production of bioethanol, biogas and biohydrogen has been demonstrated successfully (Fan et al., 2006; Linde et al., 2007).

Wheat straw like any other biomass of lignocellulosic composition is a complex mixture of cellulose, hemicellulose and lignin, as three main components, and a small amount of soluble substrates and ash (Talebna et al., 2010).

Sugars released from wheat straw by hydrothermal pretreatment were used for biofuels (bioethanol, biohydrogen and biogas) production based biorefinery, successfully (Kaparaju et al., 2009). Thus, biomass production studies are related to other uses of the wheat.

Another variant to study the aboveground biomass is the sectioning and taking into the laboratory of a number of plants from the experimental variants, randomly harvested from the inner part of crops.

Thus, for leaves fresh weight (GP), dry weight (GU), ash content (CC), initial water quantity (CIA) and organic matter (MO) were determined. In general, these values increase when the nitrogen dose increase. Other physiological indices, as tissue density did not presented same tendencies.

Leaf lengths at nitrogen fertilized probes increased when the fertilizer dose increased. Same trend was observed in the case of mean values of foliar area. Leaf perimeter did not presented maximum values at N200 sample, but at N150. Through combining image analysis with gravimetric indices a sum of some indices was determined and these can be utilized for productivity prognosis at wheat: specific leaf area and specific leaf weight in relation with N dose. This last index was proposed as an analysis method of fertilization efficiency for wheat.

As a novelty element, other two indices were introduced which defines distribution trends of organic matter and mineral content per to surface.

Organic matter per surface increased when the nitrogen dose was higher, but mineral content per surface did not present same tendencies in relation with the dose. Ash content per investigated area had the most reduced value at N200 samples and the highest value at N0 samples.

It can be noticed that mineral substances accumulation is different when compared with water or organic substances accumulations. Leaf perimeter was very high correlated with leaf lengths measured with Digimizer and those measured manually ($r = 0,999$). Leaf width was not very high positive or negative correlated with other indexes.

In general, CM and DMT were negatively correlated with the rest of the indices, although not very strong.

Dry weight was very high positively correlated with MO ($r = 0,999$).

This matrix presented the fact that there is a strong relation between the leaf sizes which were manually determined or with Digimizer software and gravimetric and physiological indices which describe the leaf.

An optimum application of ammonium nitrate determines modifications of the values for some indices as dry weight, the amount of organic substances in general and per area, and leaf area and length.

So, nitrogen has direct effects on organic substances accumulation on mesophyll, but also on size increase, lengths in particular or foliar area, perimeter, specific area and weight.

Moreover, correction factor which helps to the foliar area determination through classical method was determined. This factor has a standard value specific for wheat cultivar and was determined by comparing the measured and scanned leaf areas.

The analyzed productivity indices depending on zinc dose at wheat, Ciprian cv. had in general high values at high zinc doses.

In the first year of study, productivity indices depending on zinc dose on N0 experimental variant were studied. In the second year of study, there were analyzed these indices for N0, N50 and N100 variants, zinc was applied in 5 doses.

In the second year it was noticed the synergetic effects of nitrogen and zinc on production indices for wheat. The highest values were obtained for N100 and Zn3 or Zn4.

From the quality indices, the highest effects of nitrogen fertilization were noticed on protein and gluten contents, MH, MMB and Zeleny Index. Temperature of the samples, their humidity, fiber and aminoacids contents did not presented clearly modification after fertilizing.

Generally, optimum dosage of nitrogen helped the wheat crop, Ciprian cultivar, to grow foliar mass and biomass in the first stages of vegetation.

In the first periods some investments are made in green aboveground part of plants, resulting in more tissue with photosynthetic role, which determines increases in indices which characterize quantitatively and qualitatively the spikes and kernels.

Nitrogen determined longer spikes, increases of the number of spikelets and kernels, but also increases in the principal quality indices.

The gravimetric indices had higher values for the samples fertilized with a higher zinc dose. The analyzed indices with the Digimizer software presented the lowest values for Zn0 probes and the higher values for Zn3 and Zn4 values.

Productivity also increased at higher zinc fertilizations levels. In addition, quality elements presented variations.

Protein content, hectolitic mass, thousand kernel weight, Zeleny index increased when the zinc dose increased.

Thus, the fertilizations with ammonium nitrate and zinc determines quantitative and qualitative changes of wheat plants, but also at kernels level.

Finding an optimum value of applied fertilizer for wheat crop is necessary in order to have a good cost-benefit ratio. Although the amendments have relatively high prices, these determines a more qualitative wheat and thus the investments are equilibrating.

CONCLUSIONS AND NOVELTY ELEMENTS

Practical objectives of this thesis were achieved through numerous tests realized in two agricultural years, but the mean values for the study period were also taken in consideration.

Regarding the harness of the results of research, this was attained through writing 8 scientific articles.

This research has an interdisciplinary character and contained techniques and specific knowledge of some domains from the actual context.

The researches could continue on physiological indices to predict better and quicker the production. Also, studies on quality and production on wheat in relation with other doses or fertilizers to obtain a cultivation efficacy are of interest.

The advantages which appeared after this studies are correlated with time factor. Thus, testing in juvenile periods offer information in relation with the predicted production. At higher doses, increased values of the analyzed gravimetric indices were observed and also relations between indices.

Also, a physiological analyze method was adapted. The scans or photos realized with mobile phone conducted to foliar lengths and area, and these, together with fresh or dry weight, organic matter and ash content to the development or adaptation of some indices which present the fertilization effects.

In this thesis are presented aspects of valuable modification which show due to the application of fertilizers on wheat crop, Ciprian cultivar.

The studies on ammonium nitrate on wheat were principally on aboveground part of the plant, not only on spike. Thus, clear results were observed after the determination of gravimetric indices on aboveground biomass level or on leaves.

Moreover productivity and quality indices presented modifications in relation with the fertilizer dose. For the probes fertilized with zinc there were observed modifications for doses.

The majority of the values for gravimetric indices increased at a higher zinc dose. Also, increases in quality and quantity were noticed.

Zinc is a micronutrient with numerous roles for human organism and is required a supplementation through food because there are nutritional deficiencies globally related with zinc.

This thesis contains contributions about the effects of fertilizations with this compound at foliar leaver, on spring, for wheat cultivar obtained locally, in Timis County, at ARDS Lovrin, Ciprian, for the two study years and mean values, in general.