
TEZA DE DOCTORAT

Strategii de control al buruienilor în condițiile schimbărilor climatice la cultura sfecei de zahăr

Doctorand **Sergiu Cioca Parasca**

Conducător de doctorat **Prof. univ. dr. Teodor Rusu**



INTRODUCERE

Utilizarea agriculturii de precizie (AP) este o modalitate expeditivă de a dirija sapa aproape de rândul de cultură și oferă noi perspective de cercetare. Gerhards și colab., (Gerhards și colab., 2001) au arătat că a fost posibilă o cultivare a cerealelor cu sapa ghidată de o cameră de 3 m cu o deplasare laterală de numai 19 mm față de rândul de culturi. În plus, viteza de conducere a putut fi mărită până la 8 km/h, cu o eficacitate a controlului buruienilor de aproape 80% și fără pierderi de recoltă (Plant, 2001). Utilizarea AP în agricultură capătă din ce în ce mai multă importanță datorită comercializării unor noi dezvoltări precum Sistemul de Poziționare Globală - GPS (Khan și colab., 2021; Karunathilake și colab., 2023; Radocaj și colab., 2023). Operarea cu PA poate reduce costurile forței de muncă și este capabilă să crească viteza aplicațiilor (Gerhards și colab., 2003). Utilizarea tehnologiilor sistemului global de navigație prin satelit (GNSS) sau progresia imaginilor digitale este necesară pentru o ghidare precisă (Tillett și colab., 2002; Shen și colab., 2019). Sistemele de ghidare din interiorul câmpului identifică poziția rândurilor de cultură, iar un sistem hidraulic de deplasare laterală direcționează sapa (fig.4) aproape de zona de cultură (5 cm pe fiecare parte) și asigură viteze de deplasare mai mari prin reducerea timpului de lucru al agricultorului (Slaughter și colab., 2008; Fountas și colab., 2022).



Fig.4 Prașitul de precizie cu senzori și ghidaj între plante și între rânduri

(sursa : www.einbock.at)

Controlul buruienilor în culturile de sfeclă de zahăr este din ce în ce mai dificil deoarece stadiul fiziologic al culturii este mic și strict, iar normele tehnice sunt impuse

cu doze mici și fracționate cu precizie (Hamed și colab., 2023; Rašovský și colab., 2022). Astfel, este interesant să se analizeze diferențele dintre controlul chimic și cel mecanic al buruienilor din cultura sfeclei de zahăr (Zawada și colab., 2023; Machleb și colab., 2021). Controlul mecanic al buruienilor în agricultură a avansat în ultimii ani în ceea ce privește precizia și rata de lucru (Restuccia și colab., 2023). Comunicarea în timp real a uneltelor cu sistemele de senzori a sporit și mai mult potențialul controlului mecanic (Pannacci și colab., 2018). Există o gamă largă de senzori disponibili, inclusiv analiza imaginilor cu ajutorul camerelor, GNSS, lasere și sisteme cu ultrasunete, care pot îmbunătăți eficacitatea controlului buruienilor în combinație cu sistemele mecanice (Ghatrehsamani și colab., 2023, Xie și colab., 2022). Fiecare tip de senzor are avantajele și dezavantajele sale (Triantafyllou și colab., 2019).

Prășitul post-emergent între rânduri poate fi efectuat în mod fiabil pe suprafețe mari în rânduri fără deteriorare excesivă a culturii; cu toate acestea, îndepărtarea buruienilor intra-rând (fig.4) este încă o sarcină provocatoare (Cloutier și colab., 2007; Tillett și colab., 2008). Prin urmare, au fost dezvoltate o varietate de instrumente diferite ce se ocupă fizic de buruienile intra-rând. Acestea includ prășitoare cu degete, prășitoare cu torsiune, prășit tactil și perii pentru plivit (Rasmussen și colab., 1995; Kouwenhoven, 1997).

Obiectivele proiectului de cercetare

Obiectivele cercetării sunt următoarele :

1. Inventarierea speciilor de buruieni din cultura sfeclei de zahăr, în funcție de condițiile climatice specifice fiecărui an agricol analizat.
2. Determinarea gradului de îmburuienare în cadrul variantelor tehnologice testate, pentru a evalua eficiența diferitelor metode de combatere aplicate.
3. Analiza impactului metodelor de control asupra productivității culturii, prin compararea producției de rădăcini obținute în fiecare variantă experimentală.
4. Evaluarea influenței factorilor experimentali asupra rentabilității economice a producției agricole, în vederea formulării unor recomandări privind utilizarea sustenabilă a resurselor și a inputurilor tehnologice.

Scopul principal al acestei cercetări desfășurate în cadrul culturii de sfeclă de zahăr din culoarul Mureșului (sudul Transilvaniei, ferma Vințana – comuna Vințu de Jos) este de a evalua eficiența metodelor integrate de combatere a buruienilor, cu accent pe aplicarea combinată a controlului mecanic asistat de senzori și a tratamentelor chimice. Studiul urmărește, de asemenea, să determine fezabilitatea reducerii utilizării erbicidelor în contextul actual marcat de schimbări climatice și creșterea rezistenței speciilor de buruieni la substanțele active utilizate frecvent în agricultură. În plus, se analizează impactul acestor metode asupra producției de rădăcini și rentabilității

economice a culturii de sfeclă de zahăr, având în vedere tendințele actuale spre agricultură sustenabilă.

Factorii experimentali

Acest studiu a cercetat tehnologia sfecei de zahăr în anii 2021-2023, în depresiunea colinară din Transilvania. Această unitate de relief depresionar din interiorul arcului carpatic are un relief predominant relieful este predominant colinar, iar culturile agricole reprezentative sunt cerealele (porumb, grâu, orz, triticale), oleaginoasele (floarea soarelui, rapita, soia) și plantele tehnice, în special sfecla de zahăr. Experimentele au fost efectuate pe terenurile agricole ale fermei convenționale „Vintana SA” din satul Vintu de Jos (45,99 ° N, 23,48 ° E), jud. Alba.

Variantele experimentale au fost reprezentate de următoarele tratamente (tabelul 6):

- V₁: Control netratat;
- V₂: Control mecanic al buruienilor cu Einbock Chopstar;
- V₃: Control chimic cu erbicide convenționale;
- V₄: Mix de 2× control mecanic cu Einbock Chopstar (BBCH 19, 31) și 3× control chimic al buruienilor.

Aplicarea erbicidelor în ultimii doi ani a fost efectuată cu un pulverizator montat, modelul Amazone UF2002, de la compania Amazone Hasbergen Dreyer GmbH&Cof din Hasbergen, Germania, echipat cu duze Lechler IDK120 de la compania Lecher GmbH din Metzingen, Germania, la o presiune de 8 bar și o viteză de până la 8 până la 10 km/h.

Tabelul 6.

Tabel descriere a variantelor experimentale in perioada 2021-2023

Nr. No.	Variantele Variants	Descriere Description
V ₁	Control netratat	Fara control chimic sau mecanic
V ₂	Control mecanic de precizie	Control mecanic cu Einbock Chopstar
V ₃	Control chimic	3× Control chimic al buruienilor; 3 ori erbicidare cu mix 3 erbicide si 5 substante active diferite
V ₄	Mix 2× control mecanic de precizie + 3× control chimic	2x Control mecanic al buruienilor cu Einbock Chopstar in stadiul 6 frunze (BBCH 19) si stadiul de 9 frunze (BBCH 31) al sfecei + 3x control chimic al buruienilor; mix de 3 erbicide cu 5 substanțe active diferite

Sistemul de prașire din cadrul experimentului a avut o cameră pentru a recunoaște 3 rânduri din câmpul experimental ale rândurilor de sfeclă de zahăr și un sistem hidraulic de deplasare laterală. Cultivarea cu sapa a fost efectuată paralel cu

rândurile culturii, cu o viteză de deplasare de 8 km/ h. Prășirea rândurilor de sfecă de zahăr a fost efectuată cu două mătură de 20 cm, două cuțite laterale și două discuri de protecție.

Varianta 1 (UC) a fost lăsată netratată pe întreaga perioadă de vegetație. Cu toate acestea, s-a asigurat că și UC a primit același număr de treceri cu roțile tractorului ca și tratamentele mecanice și chimice.

Necesarul de fertilizare prin îngrășăminte chimice solide pe baza analizelor de sol și a consumului sfeclei de zahăr pentru o producție de rădăcini la 80t/ha :

110-117 N + 82-129 P2O5 + 229-321 K2O exprimate în kg/s.a./ha.

Pentru combaterea mecanică a buruienilor s-a folosit o sapă paralelogramă (3 m lățime de lucru) echipată cu lame de picior de rață (Einböck, Dorf an der Pram, Austria). Pentru direcția automată a sapei a fost folosită o cameră stereo 3-D OEM Claas® cu fulgere artificială în combinație cu o sapă Einböck Row-Guard®. Camera stereo RGB (Claas, Harsewinkel, Germania) a identificat plantele de cultură pe baza dimensiunii plantei la o viteză maximă de 14 km/h și distanța minimă între rânduri de 250 mm (Möller, 2010). Precizia detectării rândurilor a fost de ± 50 mm, ceea ce este aproape egală cu sistemele comerciale de ghidare a rândurilor bazate pe camere, cum ar fi Garford-Robocrop®, K.U.L.T. Vision Control® și Steketee IC® (Tillett și colab., 2002; Melander, 2006; Griepentrog și colab., 2007). Sapa Einböck Row-Guard® folosește un control hidraulic al deplasării laterale. În acest studiu, lamele de prășit între rânduri au fost direcționate automat de-a lungul rândurilor de culturi la o distanță de 60 mm (Fig. 28).

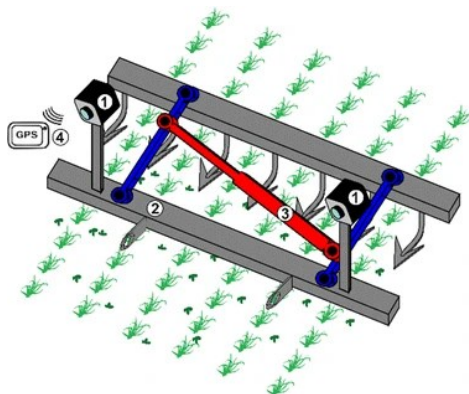


Fig. 28. Prășitor (2) cu ghidaj hidraulic (3), camera (1) și GPS (4)

(sursa : www.einbock.at)

Instalarea și setarea prășitoarei cu senzori a fost efectuată în ferma adaptată la cultura sfeclei de zahăr, ceea ce înseamnă că lățimea dintre rânduri a fost aliniată cu lățimea roților de control al lucrării solului.

Pe cele două parcele cu control mecanic de precizie (V2) și cu control mixt mecanic + chimic (V4), au fost efectuate de două ori după tratamentele chimice, în două stadii diferite de creștere a sfeclei de zahăr, stadiul de șase frunze și stadiul de nouă frunze, ceea ce înseamnă cele două BBCH diferite 19 și 31 (tabelul 7).

Tabelul 7.

Timpul de aplicare (BBCH), substanțele active și erbicidul utilizat în câmpurile experimentale 2021-2023

BBCH 2021	BBCH 2022- 2023	Substanță activă Active substance	Nume produs comercial Comercial name	F M*	Concentrație Concentration	Rata de aplicare Applicatio n rate	Producăt or Manufact urer
10,14, 19	10,14, 19	<i>ethofumesate</i>	Betanal tandem	SC	190 g a.i. L	285 g/ha	Bayer
10,14, 19	10,14, 19	<i>phenmedipham</i>	Betanal Tandem	SC	200 g a.i. L	300 g/ha	Bayer
03,10, 14	10,14,19	<i>metamitron</i>	Goltix	SC	700 g a.i. L	630 g/ha	Adama
03		<i>glifosat</i>	Clean up	SL	360 g a.i. L	1080 g/ha	Nufarm
	10,14, 19	<i>lenacil</i>	Venzar 500	SC	500 g a.i. L	125 g/ha	FMC
14,19		<i>clopiralid</i>	Lontrel 300	SL	300 g a.i. L	225 g/ha	Corteva
19	19	<i>quizalofop-p- tefluril</i>	Pantera 40	EC	40 g a.i. L	40 g/ha	Arysta

Deoarece fiecare camp experimental cuprinde șase rânduri din sfecla de zahăr, șapte implemente au fost necesare pentru a controla mecanic toate suprafețele între rânduri dintr-un câmp experimental de 3m lățime. Distanța de siguranța față de plantele de cultură ale sfeclei de zahăr a fost setată la 5cm lățime față de rândurile aferente. Pentru controlul buruienilor din spațiul existent între plante pe rând, plivitoarele cu degete (finger weeders) au fost setate deasupra solului, iar elementele de protecție pentru rând au fost coborâte pe sol în scopul de a preveni distrugerea culturii sfeclei de zahăr.

Densitatea buruienilor (buruieni/m²) și speciile de buruieni au fost măsurate folosind un cadru de 0,5 m × 0,5 m cadru. Cadru a fost plasat în mod aleatoriu de trei ori pe parcelă, la trei zile după aplicarea tratamentelor mecanice și după 14 zile de tratamente chimice, precum chimice, precum și după trei zile pe parcela necontrolată. Recoltarea sfeclei de zahăr (to/ha) a avut loc la mijlocul lunii septembrie sau la începutul lunii octombrie în anii de cercetare, în funcție de conținutul de zahăr și de condițiile meteorologice, deosebit de diferite în fiecare an în agricultură. Recoltarea sfeclei de zahăr a fost efectuată cu o combină de recoltat parcele Agrifac,

Kleine tip K62, Țările de Jos, iar după aceea, spălarea și măsurarea greutatei au fost efectuate la fermă.

Rezultate și concluzii

Metodele de control integrat al buruienilor utilizate în acest studiu includ erbicide post-emergente și control mecanic bazat pe senzori care înlocuiesc folosirea erbicidelor pre-emergente cât și posibilitatea, de ce nu, a celor post-emergente. Rezultatele arată că prin optimizarea integrării metodelor de control, este posibil să se reducă erbicidele pre-emergente, dar să nu se înlocuiască complet erbicidele post-emergente în schema de control a buruienilor din sfecla de zahăr, deoarece cultura are o dezvoltare lentă în primele două luni după răsărire. Această situație se datorează densității de buruieni ridicată și abundența speciilor în majoritatea fermelor cultivate de sfeclă din zona Depresiunii Transilvaniei.

Controlul împotriva buruienilor din cultura sfeclei de zahăr trebuie în special monitorizat și atent dozat în erbicidare mai ales în primele 40 zile de la răsărire, deoarece sfecla este mică și stresul adus de substanțele active din erbicide pot încetini mult dezvoltarea culturii în primele stadii de creștere. Cum rezultatele arată că se poate obține un randament mai bun prin includerea tehnicilor integrate și strategiile de control a buruienilor, în special cele bazate pe senzori și ghidaj. De asemenea, trebuie să precizăm că abundența buruienilor este mult mai mare în zona de cercetare (Transilvania) decât în zona vest-europeană unde se cultivă sfeclă de zahăr și sunt implementate practici de control de ultimă generație. În special procentul speciilor de buruieni care cresc în terenurile agricole, în zona cercetată, este cu până la 5-6 ori mai mare decât în Germania, de exemplu, unde se experimentează des aceste metode și departamentele de herbologie sunt implicate în cercetări cu tehnologii avansate. Numărul de erbicide chimice avizate pentru sfecla de zahăr devine din ce în ce mai mic și continuă să se interzică spre utilizare substanțe active din compoziția erbicidelor. De asemenea, rezistența la erbicide a buruienilor este în creștere, astfel încât prezentul studiu poate contribui la reducerea erbicidelor și cercetarea momentului potrivit pentru prăsierea de precizie încât să avem densități mai scăzute ale buruienilor. Implicit se poate stabili care stadiu de creștere al sfeclei (BBCH) poate fi cel mai potrivit pentru controlul mecanic bazat pe senzori de precizie și ghidaj.

Rezultatele studiului arată că este posibil să se obțină o producție crescută de sfeclă rădăcini cu o reducere semnificativă a produselor chimice aplicate, în fermele din depresiunea Transilvaniei. Metodele mecanice de control cu precizie ar putea realiza, de asemenea, mai puțin stres pentru plante și o mai bună aerare a solului, iar aceste fapte pot, desigur, crește randamentul țintă. Etapele de creștere experimentate în acest studiu au fost stadiile de 6 frunze și 9 frunze ale sfeclei de zahăr, adică BBCH 19 și, respectiv 31, care sunt adecvate pentru controlul buruienilor și a pierderilor reduse de cultură.

Rezultatele arată că într-o vară uscată, așa cum a fost pentru sfecla de zahăr în anul 2022, controlul mecanic și chimic al buruienilor (V4) poate oferi un randament durabil și acceptat, controlând în același timp densitățile semnificative de buruieni.

Metoda integrată (V3 – control mecanic + chimic) maximizează profitabilitatea în condiții reale de producție. În ambii ani analizați (2022 și 2023), varianta V3 a generat cel mai mare profit net și cea mai mare producție principală, demonstrând eficiența utilizării combinate a tehnologiilor moderne mecanice cu senzori și a erbicidelor. Controlul chimic singular (V2) este eficient economic, dar mai puțin performant decât metoda integrată. V2 a obținut profituri semnificative și costuri unitare scăzute (în special în 2023), însă eficiența sa este limitată de dezvoltarea rezistenței unor specii de buruieni la erbicide, fapt ce compromite sustenabilitatea acestei metode pe termen lung. Controlul mecanic exclusiv (V1) oferă un profit decent cu impact pozitiv asupra mediului și solului, dar cu o producție semnificativ mai mică. Deși are costuri mai mari pe unitatea de producție și profit mai scăzut, metoda V1 prezintă avantaje ecologice importante și poate fi o alternativă viabilă în sistemele de agricultură ecologică sau în zone unde rezistența la erbicide este ridicată. Relația între inputuri și randamente este nonlinară. Creșterea costurilor (în special în 2023) nu a dus la scăderea profitului, ci dimpotrivă, metodele cu investiții mai mari (V3) au generat randamente marginale pozitive superioare, datorită sinergiei între tehnologii. Utilajele moderne (ex. Einböck Chopstar) sunt fezabile economic pe termen mediu-lung. Chiar dacă presupun o investiție inițială ridicată, costurile de exploatare și amortizarea echipamentelor justifică economic achiziția, în special prin creșterea productivității și reducerea aplicării de substanțe chimice. Anul 2023 a evidențiat o sensibilitate crescută a culturii la factorii tehnologici și de preț. Deși inputurile au fost mai scumpe, randamentele au crescut semnificativ, subliniind necesitatea adaptării tehnologice la contextul economic actual.

Studii recente similare din Germania au arătat că controlul mecanic bazat pe senzori între rânduri au avut mai puține pierderi de recolte de sfeclă de zahăr și că plantele dezrădăcinate nu a fost semnificativ în funcție de numărul de plante la hectar. Buruienile apropiate de cultură (intra-rând), totuși, va rămâne o constrângere majoră a controlului mecanic, ceea ce face necesară continuarea cercetării în această direcție pentru zona depresiunii Transilvaniei.

Originalitate

Combaterea buruienilor în cultura sfecei de zahăr reprezintă una dintre cele mai mari provocări ale agriculturii moderne, în special în contextul schimbărilor climatice, al reducerii utilizării pesticidelor, a numărului tot mai mic de substanțe active omologate din România la această cultură sensibilă în controlul buruienilor și al tranziției către practici sustenabile. În acest cadru internațional de reglementare și

inovație, teza de doctorat aduce o contribuție valoroasă și originală prin explorarea unor soluții tehnologice avansate, adaptate condițiilor pedoclimatice din România și corelate cu directivele europene privind agricultura durabilă. Originalitatea și noutatea lucrării pot fi sintetizate prin următoarele direcții:

1. Integrarea tehnologiilor de prășit mecanic ghidate de senzori optici (camera-based row detection), Teza se înscrie prin tematica abordată printre primele testări documentate din România a unui sistem avansat de prășit mecanic asistat de cameră, aplicat în cultura sfeclei de zahăr. Tema tezei este corelată cu tendințele actuale de implementare a sistemelor autonome de lucru în Europa.

2. Comparație experimentală între metodele mecanice și chimice, raportat la zona de aplicare (intra-rând și inter-rând). Evaluare separată, cantitativă, a eficienței fiecărei metode, cu accent pe reducerea dependenței de erbicide. Abordare esențială în aplicarea strategiilor Farm to Fork și Green Deal.

3. Aplicarea tratamentelor combinate și adaptative în funcție de stadiul de dezvoltare al culturii și buruienilor. Propunerea unui model de control diferențiat și etapizat, cu eficiență dovedită în reducerea gradului de îmburuienare. Alineat cu principiile de Integrated Weed Management (IWM) din literatura de specialitate.

4. Utilizarea tehnologiei de precizie pentru optimizarea intervențiilor în câmp. Integrarea acestor sisteme în cultura sfeclei, în scopul ghidării precise și analizei de ansamblu a infestațiilor. Conformă cu cele mai noi practici din proiectele de digitalizare agricolă la nivel european.

5. Monitorizarea pe termen mediu în context climatic variabil. Analiza impactului factorilor climatici asupra eficienței tehnologiilor, un aspect puțin studiat în România. Suport pentru adaptarea tehnologiilor în scenarii de agricultură inteligentă climatic.

6. Formularea unei metodologii aplicabile în ferme comerciale din România. Soluție scalabilă, transferabilă în condiții reale, ușor de implementat în contextul PAC și al cerințelor privind protecția mediului. Model demonstrativ cu potențial de replicare în alte regiuni europene cu provocări similare.

Lucrarea se distinge printr-o abordare științifică riguroasă și practică, orientată spre viitorul agriculturii durabile. Integrarea unor tehnologii avansate cu aplicabilitate imediată în teren, coroborată cu respectarea cerințelor de mediu și de eficiență economică, face din această cercetare un reper în domeniul protecției plantelor și al managementului integrat al buruienilor în cultura sfeclei de zahăr. Rezultatele obținute

pot contribui atât la dezvoltarea științifică a domeniului, cât și la fundamentarea unor politici agricole moderne, bazate pe inovație și sustenabilitate.