ŽEMĖS ŪKIO MOKSLAI. 2007. T. 14. Nr. 2. P. 51–56
© Lietuvos mokslų akademija, 2007
© Lietuvos mokslų akademijos leidykla, 2007

Žemės ūkio inžinerija ir melioracija •
Agricultural Engineering and Land Reclamation •
Инженерия сельского хозяйства и мелиорация

Termoenerginiai procesai augaluose naikinant piktžoles vandens garu

Paulius Kerpauskas

Lietuvos žemės ūkio universitetas,
Studentų g. 15, Akademija,
LT-53361 Kauno rajonas
El. paštas: paulius.kerpauskas@lzuu.lt

Terminis piktžolių naikinimo metodas nėra selektyvus, vienodai naikina kultūrinius augalus ir piktžoles. Piktžolių kontrolės metu iškyla kultūrinio augalo apsaugos nuo terminio poveikio problema. Pasėlyje naudojant terminę piktžolių kontrolę, būtinas terminių, biologinių ir agrotechnologinių veiksnių, turinčių įtakos terminės piktžolių kontrolės efektyvumui, suderinamumas. Piktžolių terminis naikinimas pagrįstas augalo energine apykaita, specialiai tam tikslui sukurtoje aukštatemperatūrėje aplinkoje. Pateikta analizė rodo, kad nepriklausomai nuo augalus termiškai naikinančių aukštatemperatūrių aplinkų parametrų ir jų termodinaminių savybių piktžolių terminio naikinimo proceso sudėtinės dalys vienodos, taip pat vienodi ir augalo energinės apykaitos procesų dėsningumai. Straipsnyje pateikta augalo patiriami energinės apykaitos procesai ir dėsningumai piktžolių terminės kontrolės metu natūralios aplinkos sąlygomis, drėgnojo vandens garo aplinkoje terminio naikinimo metu, termiškai pažeisto augalo (letalaus proceso) ir dalinio terminio pažeidimo atvejais.

Raktažodžiai: piktžolių terminė kontrolė, augalo temperatūra, augalo energinė apykaita, augalo terminis pažeidimas

ĮVADAS

Augalas, kaip termodinaminė sistema, yra atvira, nes su aplinka vykdo nepertraukiamą energijų ir medžiagų apykaitą. Todėl bet kuriam augalo (augalo organo) gyvavimo momentui galima taikyti augalo energijų balanso metodą, kuris teigia, kad tarp augalui suteiktos, sunaudotos ar atiduotos aplinkai energijų yra lygybė. Augalo energijų balanso metodas yra teorinis pagrindas nagrinėjant veiksnius, turinčius įtakos piktžolių terminio naikinimo procesui [4, 18].

Pastaraisiais metais atlikti tyrimai leidžia teigti, kad piktžoles drėgnuoju vandens garu naikinti reikia ne didesnes kaip 1–3 lapelių augimo tarpsnyje. Termiškai naikinant ūgtelėjusias piktžoles sumažėja terminio proceso efektyvumas, padidėja energijos sąnaudos piktžolėms naikinti [17].

Piktžolių terminiam naikinimui dažniausiai naudojamos degimo dujų (400–1000°C) [1, 15], karšto vandens [3, 5, 8], putų [2, 9] ir drėgnojo vandens garo (100°C) [6, 13, 14] aukštatemperatūrės aplinkos. Plačiausiai naudojama ir tiriama dujų ir drėgnojo vandens garo aplinkos. Šiandieniniuose dujų įrenginiuose aukštatemperatūrę aplinką sukuria suskystintų dujų degimo produktai. Esant masyviems augalams (kukurūzams) liepsnos fakelas be jokių apsaugų nukreipiamas tiesiog į augalus ir tarpuose esančios nemasyvios piktžolės sunaikinamos. Tais atvejais, kada kultūriniai augalai yra gležni ir jautrūs aplinkos terminiam poveikiui, naudojama skydų pavidalo mechaninės augalų apsaugos arba liepsnos gesinimas kultūrinių augalų vagutėje CO_2 dujomis [15]. Naudojant šią piktžolių naikinimo technologiją jau pats terminas *flaming by gas* byloja, kad piktžolės nudeginamos liepsna. Todėl energinių procesų problema, termiškai pažeistame augale, naudojant degimo produktų aukštatemperatūrę aplinką piktžolių naikinimui, savaime išnyksta.

Labai efektyvi yra drėgnojo vandens garo piktžolių terminio naikinimo technologija. Piktžolių terminiam naikinimui efektyvumą suteikia labai palankios drėgnojo vandens garo termodinaminės savybės ir labai didelis drėgnojo vandens garo šilumos atidavimo koeficientas.

Piktžolių terminės kontrolės procese nagrinėjant augalo termoenerginę apykaitą tenka atskirai aptarti tris visais požiūriais skirtingas augalo patiriamas gyvenimo ir žūties būsenas. Pirmoji energinės apykaitos būsena – tai augalo augimo ir vystymosi natūraliomis aplinkos sąlygomis periodas. Tai pradinis piktžolių terminės kontrolės momentas, prieš patenkant augalui į aukštatemperatūrę aplinką. Antroji augalo energinės apykaitos būsena – tai augalo energijos mainai aukštatemperatūrėje aplin-

koje. Trečioji augalo energinės apykaitos būsena – tai termiškai pažeisto augalo energinė apykaita vėl patekus į natūralios agrofito aplinkos sąlygas. Šis laikotarpis yra augalo kaip gyvo organizmo kova – išgyventi, „užgydyti" terminius pažeidimus arba žūti. Tyrimų tikslas – pateikti termoenerginių procesų, vykstančių tarp augalo ir agrofito aplinkos, analizę pasėlio priežiūrai naudojant terminę piktžolių kontrolę vandens garu.

METODAI IR SĄLYGOS

Terminė piktžolių naikinimo technologija pagrįsta augalo energijos mainais aukštatemperatūrėje aplinkoje. Teoriniu piktžolių terminio naikinimo technologijos pagrindu yra augalo arba jo organo energijų balansas. Naudojant šią technologiją siekiama pažeisti augalo stiebo gyvybines funkcijas arba termiškai sunaikinti visą augalą. Termiškai naikinant piktžoles apie augalą sukuriama lokalizuota aukštatemperatūrė aplinka. Augalo audinių temperatūros pakilimas daugiau kaip 58°C veikia juos žudančiai.

Drėgnojo vandens garo (100°C temperatūros) terminis poveikis piktžolėms tirtas laboratorinėmis ir lauko sąlygomis. Čia išskiriami du piktžolių terminio naikinimo atvejai. Pirmuoju atveju visas augalas (piktžolė) paveikiama 100°C drėgnuoju vandens garu naudojant gaubtą. Tokia piktžolių terminio naikinimo technologija naudojama apsaugant kultūrinius augalus nuo terminio garo poveikio arba kai piktžolės naikinamos dar nesudygus kultūriniam augalui, pvz., morkų pasėlyje.

Augalo audinių ir augalus naikinančios aukštatemperatūrės aplinkos temperatūras matavome termoporinis, pagamintais iš Cu-CuNi (vario konstantano) laidų, kurių skersmuo 0,07 mm. Temperatūrų duomenys registruoti prietaisu ALMEMO 2590-9 su mikroprocesorine duomenų apdorojimo ir kaupimo sistema. Atliktas ALMEMO jungties su termopora kalibravimas. Aukštatemperatūrio srauto ir augalo audinių temperatūros matuotos pagal poreikį iki 100 matavimų per sekundę. Duomenų kaupikliui sujungti su kompiuteriu naudotos AMR programos. Iš duomenų kaupiklio matavimo duomenys perkeliami į kompiuterį. Atliekama jų termofizikinė ir statistinė analizė naudojant STAT ir ANOVA programas. Laikantis temperatūros matavimams keliamų reikalavimų, termoporos klojamos pagal izotermą 100 termoporos skersmenų. Matuojant temperatūrą augalo audiniuose laikytasi temperatūros matavimo augaluose metodikos [11]. Apskaičiuota besikondensuojančio garo aplinkoje 99–100°C termoporio šiluminė inercija – 0,0026 s. Nustatyta temperatūros matavimo neapibrėžtis atitinka 99% pasikliautinę tikimybę ir rodo pakankamą pateiktų temperatūros matavimų tikslumą.

Aukštatemperatūrio poveikio trukmės nustatymui naudojome laboratorinį ir lauko bandymų stendą. Norimą garo skleidiklio judėjimo greitį (terminio poveikio trukmę) reguliavome keisdami varančiojo sraigto apsukas naudojant variklio sūkių dažnio keitiklį.

Piktžolių terminio naikinimo bandymai atlikti Lietuvos žemės ūkio universiteto (LŽŪU) Šiluminių matavimų laboratorijoje ir LŽŪU Bandymų stotyje.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Augalo energinė apykaita natūraliomis aplinkos sąlygomis. Augalo energijų balansas kiekviename organe ar jo dalyje tiriamu momentu gali būti skirtingas, priklausomai nuo veikiančių veiksnių. Augale prieš terminio poveikio (naikinimo) momentą energinė apykaita vyksta natūralioje aplinkoje. Augalas gauna energiją spindulių pavidalu iš spinduliuojančio šaltinio (Q_{sp}) ir atspindinčią nuo kitų atmosferos kūnų (Q_{atsp}). Augalas gauna energiją ir ilgabangių (infraraudonųjų) spindulių pavidalu, iš supančios aplinkos ir žemės paviršiaus (Q_{apl}). Augalas sugeria ne visą gautą spindulinę energiją, o tik dalį, kurią įvertina atitinkami koeficientai α_f ir α_{apl} [18]. Augalas dalyvauja šilumos mainuose su aplinka ($Q_š$), sunaudoja energiją transpiracijai (Q_{tr}). Sunaudoja energijos fotocheminėms reakcijoms ir kitiems endoterminiams procesams (Q_f). Pasireiškia temperatūros išsilyginimo procesai augalo audiniuose laidumu (Q_{laid}) ir sulčių, kylančių iš šaknų, pašildymu ar aušinimu ($Q_{sulč}$). Pasireiškia augalo audinių termoakumuliacija (Q_{ta}). Taigi pradiniam augalo terminio naikinimo momentui galioja ši augalo energijų balanso lygtis:

$$\Sigma Q = (Q_{sp} + Q_{atsp})\alpha_f + Q_{apl} \cdot \alpha_{apl} \pm Q_š - Q_{tr} \pm Q_{laid} - Q_f \pm Q_{ta} \pm Q_{sulč} = 0. \quad (1)$$

Mūsų atveju, pateikta augalo energijų balanso lygtis (1) toliau nagrinėjama vienašaliai, tendencingai – siekiant išryškinti augalo bioenergines ir fizikines savybes, turinčias įtakos energiniams procesams augale terminio naikinimo metu. Piktžolių terminio naikinimo procese augalas patenka į ekstremalias sąlygas, prie kurių nėra prisitaikęs. Augalas kovoja su jo evoliucijos kelyje nesutiktais iš esmės pakitusiais aplinkos veiksniais. Augalo energijų balanso lygtis (1) supaprastėja paneigus balanso narius Q_f, $Q_{sulč}$, Q_{laid}, kaip neturinčius žymesnės įtakos augalo energijų balansui aukštatemperatūrėje aplinkoje. Todėl tolesniam augalo energijų balanso nagrinėjimui pateikiame šią išraišką:

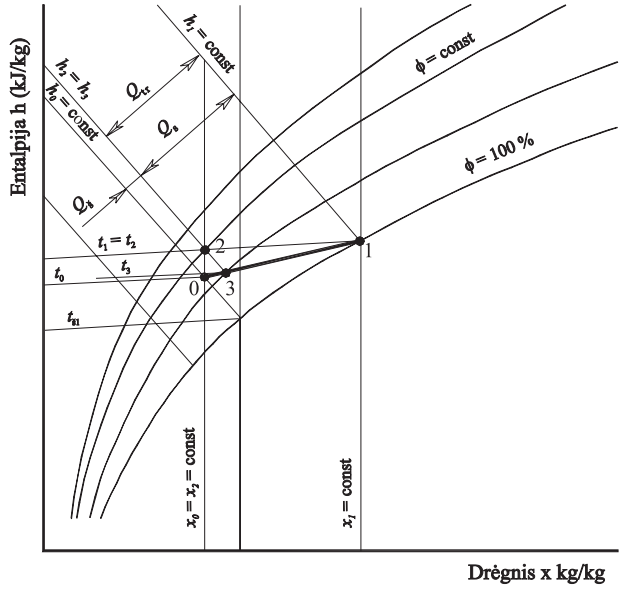
$$\Sigma Q = (Q_{sp} + Q_{atsp})\alpha_f + Q_{apl} \cdot \alpha_{apl} \pm Q_š - Q_{tr} \pm Q_{ta} = 0. \quad (2)$$

Vertinant (2) lygtį, balanso nariai Q_{sp}, Q_{atsp}, Q_{apl} apibūdina augalo energijos mainus spinduliavimu. Nagrinėjant šiuos augalo energijos mainus su aplinka, dažnai jie išreiškiami vienu nariu Q_s – augalo organo efektyvinės šiluminės spinduliuotės srautu J/s. Augalo energijos balanso narys $\pm Q_{ta}$ yra labai mažas ir natūraliomis aplinkos sąlygomis atmestinas. Visa tai įvertinę, gauname šitokias augalo energijų balanso lygtis:

$$(Q_{sp} + Q_{atsp})\alpha_f + Q_{apl} \cdot \alpha_{apl} = Q_s; \quad (3)$$

$$\Sigma Q = \pm Q_s \pm Q_š - Q_{tr} = 0. \quad (4)$$

Lygtis (4) leidžia mums augalo energijos mainus, vykstančius natūraliomis sąlygomis su aplinka, nagrinėti grafiškai h–x diagramoje [7, 12]. Piktžolių terminio naikinimo procesas vyksta dieną, esant teigiamam efektyviniam aplinkos spinduliavimui. Žinodami aplinkos oro parametrus t_{oro}, φ_{oro} ir augalo temperatūrą t_1 galime augalo energijos mainus su aplinka iki terminio naikinimo proceso pradžios pateikti h–x diagramoje (1 pav.). Joje matyti, kad natūraliomis aplinkos sąlygomis transpiracijos procesas intensyvus. Transpiracijos procese (1 pav.) augalas aplinkai atiduoda 98% sugertos spindulinės energijos ir visą šilumą, gautą iš aplinkos šilumos mainų keliu. Augalas ilgame vystymosi



1 pav. Augalo energijos mainų su aplinka schema h–x diagramoje prieš terminį poveikį. Q_{tr}, $Q_{š}$, Q_s – energiniai pokyčiai aplinkoje, kuriuos sukelia augalo transpiracijos, šilumos mainų ir teigiamo efektyvinio spinduliavimo procesai

Fig. 1. Scheme of energy exchange with the environment of the leaf in h-x diagram, before the thermal effect. Q_{tr}, $Q_{š}$, Q_s – energy changes in the environment concerning plant transpiration, heat exchange and positive radiation processes

kelyje prisitaikė prie natūralių aplinkos sąlygų ir pajėgus kovoti su energijų, gaunamų iš aplinkos, pertekliumi.

Augalo energinė apykaita terminio naikinimo metu. Piktžolių terminio naikinimo metu, naudojant drėgnojo vandens garo 100°C aplinką, augalas patenka į ypatingas termoenerginės apykaitos sąlygas. Drėgnojo vandens garo aplinka pilnai prisotinta drėgme (φ = 100%), todėl augalas negali garinti vandens ir panaudoti transpiracijos proceso audinių perkaitinimui mažinti. Tokiu atveju energijų balanso (2) narys $Q_{tr} = 0$. Augalui belieka tik akumuliuoti šilumą Q_{ta} audiniuose didinant jų temperatūrą. Šilumos mainai spinduliavimui tarp drėgnojo garo ir augalo esant labai dideliam šilumos atidavimo koeficientui α santykinai bus labai maži, todėl $Q_s = 0$. Tuomet, drėgnojo vandens garo aplinkoje, augalo energijų balansas (2) įgauna tokį lygties pavidalą:

$$\Sigma Q = Q_{š} - Q_{ta} = 0 \qquad Q_{š} = Q_{ta}. \tag{5}$$

Išskleidę (5) lygtį gauname:

$$F\alpha(t_g - t_a)\tau = mc(t_1 - t_2); \tag{6}$$

čia F – šilumos mainuose dalyvaujantis augalo audinių paviršius m^2;

α – drėgnojo vandens garo kondensacijos proceso šilumos atidavimo koeficientas α = 50000–100000 W/(m^2·K);

t_g – drėgnojo vandens garo temperatūra (t_g = 100°C) °C;

t_a – augalo paviršiaus audinių temperatūra °C;

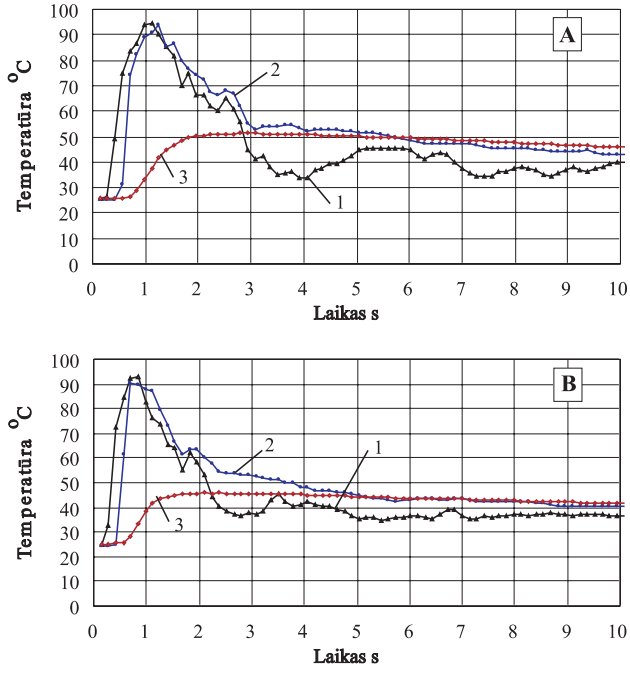
τ – terminio poveikio trukmė s;

m – įkaitintų paviršinių augalo audinių masė kg;

c – savitoji augalo audinių šiluma (c = 4,0) J/(kg·K);

t_1, t_2 – kaitinamų augalo audinių pradinė ir galinė temperatūros °C.

Lygtys (5), (6) rodo, kad visa šiluma suteikta augalui garo kondensacijos proceso metu, sunaudojama augalo audiniams kaitinti. Kadangi šilumos atidavimo koeficientas α labai didelis, o augalo audinių masė maža, todėl temperatūra augalo audiniuose staigiai kyla, labai staigiai augalas termiškai sunaikinamas. Augalas neturi jokios fiziologinės galimybės ($Q_{tr} = 0$) pasipriešinti aukštatemperatūriam drėgnojo vandens garo aplinkos poveikiui. Šio proceso analizė leidžia teigti, kad drėgnasis vandens garas yra efektyvi aukštatemperatūrė aplinka piktžolių terminiam naikinimui. Piktžolių terminio naikinimo proceso trukmė vandens garo aplinkoje priklauso nuo augalo biologinių rodiklių. Toliau pateikiame temperatūros kitimo augale ir jo aplinkoje duomenis, gautus piktžolių terminio naikinimo procese naudojant drėgnąjį vandens garą (2 pav.).



2 pav. Temperatūros kitimas augalo stiebe ir aplinkoje terminės kontrolės metu naudojant drėgnąjį vandens garą. Vandens garo terminio poveikio trukmė *A* – 1,2 s; *B* – 0,8 s. *1* – temperatūros kitimas augalo aplinkoje; *2* – temperatūros kitimas augalo stiebo paviršiuje; *3* – temperatūros kitimas augalo stiebo centrinėje dalyje. Tirtų *Galinsoga parviflora cav.* augalų stiebo skersmuo 2,9 ± 0,1 mm

Fig. 2. Variation of temperature in the stem of the plant and its environment during thermal control while using water steam. Thermal action duration of water steam: *A* – 1.2 s; *B* – 0.8 s. *1* – temperature variation in plant surrounding medium; *2* – temperature variation on the surface of the plant stem; *3* – temperature variation in the central part of the plant stem. Stem diameter of the plant *Galinsoga parviflora* cav. was 2.9 ± 0.1 mm

Temperatūros kitimas piktžolių terminės kontrolės metu augalo audiniuose ir aplinkoje yra dėsningas. Trumpalaikis terminis impulsas drėgnuoju vandens garu staigiai įkaitina išorinius augalo audinius. Po 1–2 s terminio poveikio augalas patenka į natūralią aplinką. Aušimo procesas vyksta lėtai, nes šilumos atidavimo į oro aplinką α koeficientas (lyginant su drėgnuoju vandens garu) sumažėja apie 2000 kartų. Augalas tarsi apgaubiamas oro termoizoliaciniu sluoksniu. Įkaitinti išoriniai augalo audinių sluoksniai mažai atiduoda šilumos aplinkos orui, laidumu šilumą perduoda į gilesnius audinius ir juos termiškai naikina.

Todėl dygstančių piktžolių sunaikinimui užtenka 1 s [13] terminio poveikio drėgnuoju vandens garu.

Termiškai pažeisto augalo energinė apykaita. Suteiktas augalui trumpalaikis terminis poveikis drėgnuoju vandens garu pažeidžia augalo gyvybines funkcijas. Piktžolių terminė kontrolė vandens garu leidžia termiškai pažeisti ne visą augalą, stiebo apatinę dalį žiedu ir sutrikdyti augalo stiebo fiziologines funkcijas. Žiedu pažeistas augalas, priklausomai nuo terminio pažeidimo, žūna arba patiria dalinį audinių žuvimą, kuris nulemia tolesnę augalo energijos apykaitą su agrofito aplinka. Suteikus augalui letalų terminį poveikį augalas džiūna ir taip yra sunaikinamas. Piktžolių terminį pažeidimą žiedu laikome pagrindiniu termiškai naikinamų augalų pažeidimo būdu (3 pav.). Naudojant terminį pažeidimą žiedu sumažėja šilumos sąnaudos augalo audinių kaitinimui, mažėja terminio poveikio trukmė, didėja įrenginio našumas.

Kai piktžolių terminė kontrolė atliekama laiku, augalo stiebo pažeidimas žiedu ypač veiksmingas dygstantiems augalams, kurių daigeliai ploni. Nuo augalo stiebo storio ir terminio poveikio trukmės priklauso stiebo pažeidimo gylis.

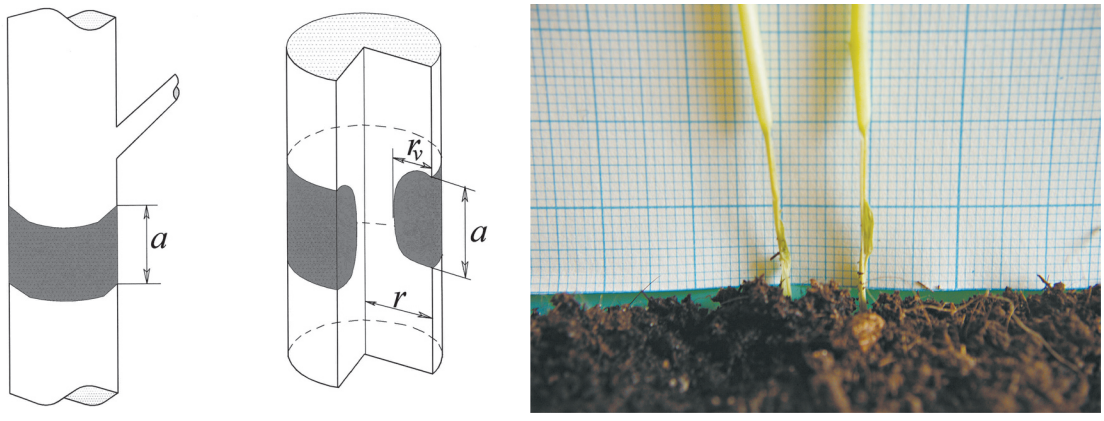
Išoriškai stebint termiškai pažeistą augalo stiebo dalį, pradiniu momentu išorinis pažeidimas neryškus, nežymiai pakinta spalvos intensyvumas. Esant žymesniam terminiam pažeidimui augalai nuvirsta. Augalą pažeidus žiedu viršutinė dalis lieka termiškai nepažeista. Augalo džiūvimo procesas vyksta nuo terminio pažeidimo vietos (4 pav.), palaikant gyvybinius procesus augalo viršūnėje.

Energijų balansas termiškai nepažeistai džiūstančio augalo viršutinei daliai bus:

$$\Sigma Q = Q_s \pm Q_{\dot{s}} - Q_{tr} = 0 \text{ arba } Q_{tr} = \pm Q_s \pm Q_{\dot{s}}. \qquad (7)$$

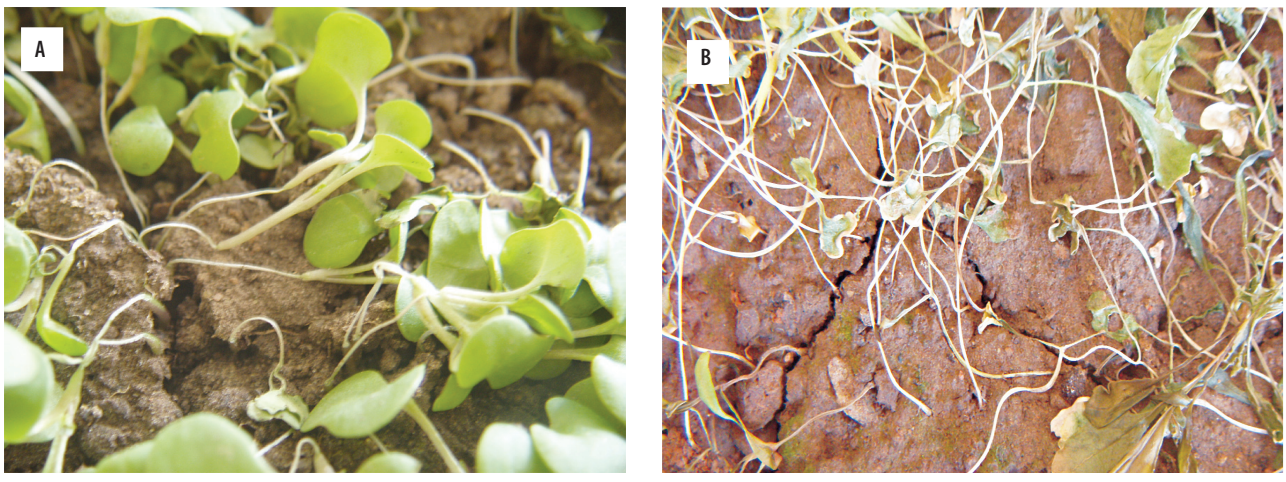
Ši lygtis (7) leidžia teigti, kad termiškai pažeisto žiedu augalo džiūvimo procesas priklauso nuo aplinkos klimato sąlygų.

Kultūrinių augalų stiebas storesnis negu piktžolės, todėl 1,0 s terminis poveikis vandens garu gali suteikti augalo stiebui dalinį terminį pažeidimą (suteikia terminį šoką), todėl pasireiškia ryškūs pokyčiai toliau augalui vystantis. Iš dalies termiškai pažeisto augalo pasikeičia ir energiniai procesai, vykstantys tarp augalo ir aplinkos. Termiškai pažeistoje vietoje augalo stiebas plonėja,



3 pav. Termiškai pažeistų augalo stiebo audinių žiedo teorinis modelis (kairėje) ir praktinis įgyvendinimas (dešinėje). *a* – termiškai paveiktas augalo audinių žiedo plotis; r_v – gylis; *r* – stiebo spindulys

Fig. 3. Theoretical model (left) and practical realization (right) of thermally damaged ring of the plant stem: *a* – width of the thermally damaged plant tissue ring; r_v – depth; *r* – stem radius.



4 pav. Po terminės piktžolių kontrolės: *A* – letalus augalų džiūvimas; *B* – išdžiūvusios piktžolės

Fig. 4. After thermal weed control: *A* – lethal desiccation of the plants; *B* – desiccated weeds

audiniai paruduoja, tampa neelastingi. Dalis kultūrinio augalo audinių lieka nepažeistų, kurie sugeba patenkinti toliau besivystančio augalo poreikius. Šiam augalo vystymosi tarpsniui galioja (7) energijos balanso lygtis. Pažeistajai augalo stiebo daliai ($Q_{tr} = 0$; $Q_{laid} = 0$; $Q_f = 0$) energijų balanso išraiška bus:

$$\Sigma Q = \pm Q_s \pm Q_{\check{s}} + Q_{vp} = 0. \quad (8)$$

Seka, kad visa energija, šviesiu paros metu gauta spinduliavimu ir konvekcija, bus sunaudota augalo sulčių, kylančių stiebu, šildymui.

Dalinis augalo (kultūrinio ir piktžolinio) terminis pažeidimas, suteikdamas augalui terminį stresą, turi įtakos biologiniams-fiziologiniams procesams augale, kurie sukelia vystymosi pakitimus ir kartu skatina didesnį derlių [10, 16]. Tačiau pastarasis teiginys reikalauja išsamių biologinių tyrimų susiejant su augalų vystymosi tarpsniais ir terminio poveikio doze.

IŠVADOS

1. Augalo energijos apykaitos analizė išryškino agrofito aplinkoje vykstančius energinius procesus ir dėsningumus, kuriuos augalas patiria pasėlio priežiūrai naudojant terminę piktžolių kontrolę drėgnuoju vandens garu.

2. Augalo energijos apykaitos analizė rodo, kad naudojant drėgnojo vandens garo aplinką piktžolių terminio naikinimo proceso efektyvumas padidėja apribojus augalo fiziologines galimybes iš aplinkos gaunamą šilumos perteklių naudoti transpiracijai.

3. Piktžolių terminio naikinimo technologija, naudojant augalo stiebo pažeidimą žiedu, įtraukė naują augalo terminio naikinimo sampratą ir būdą, leidžiantį mažiau sunaudoti šilumos augalui kaitinti.

Gauta 2007 03 19
Priimta 2007 05 09

Literatūra

1. Ascard J. Termal Weed control by Flaming. Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Engineering. 1995. Report 200. P. 1–37.
2. Collins R. M., Bertram A., Roche J.-A., Scott M. E. Preliminary studies in the comparison of hot water and hot foam for weed control // European Weed Research Society. 5th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control. Pisa, Italy, 11–13 March 2003. P. 207–215.
3. Collins R. M., Bertram A., Roche J.-A., Scott M. E. Preliminary studies in the comparison of hot water and hot foam for weed control // European Weed Research Society. 5th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control. Pisa, Italy, 11–13 March 2003. P. 207–215.
4. Čėsna J., Kerpauskas P., Sirvydas A., Vasinauskienė R. Piktžolių terminio naikinimo aukštatemperatūrėje aplinkoje tyrimai // Aplinkos inžinerija. 2000. T. 8(1). P. 28–37.
5. Hanson D., Ascard J. Influence of developmental stage and time of assessment on hot water weed control // Weed Research. 2002. N 42. P. 307–316.
6. Kerpauskas P., Sirvydas A. P., Lazauskas P. et al. Possibilities of weed control by water steam // Agronomy Research. 2006. N 4. P. 221–255.
7. Kerpauskas P., Sirvydas A. Transpiracijos proceso termoenerginiai aspektai // Vandens ūkio inžinerija: LŽŪU ir LVŪI mokslo darbai. 2005. Nr. 48(1). P. 38–46.
8. Kurfess W. Untersuchungen zum Einsatz von Heißwasser zur thermischen Unkrautregulierung. Dissertation. Stuttgart, 2000. 126 S.
9. Rajamannan A. H. J. Method of using hot foam to kill vegetation and pests. United States patent 5, 575, 111. 1996 11 19.
10. Sirvydas A., Čingienė R. Drėgnojo vandens garo poveikis svogūnų pasėlyje // Šilumos energetika ir technologijos. KTU, 2004. P. 237–242.
11. Sirvydas A. P., Kerpauskas P., Nadzeikienė J. et al. Temperature measurements in research of thermal weed extermination // Proceedings of the International Conference Development of Agricultural Technologies and Technical Means in Ecological and Energetic Aspects. Raudondvaris: European Society of Agricultural Engineering, Lithuanian Institute of Agricultural Engineering, Lithuanian Academy of Sciences, 2006. N 11. P. 321–331.
12. Sirvydas A., Kerpauskas P. Energinių procesų agrofito aplinkoje aspektai // Energetika. 2006. Nr. 4. P. 9–15.
13. Sirvydas A., Lazauskas P., Stepanas A. et al. Plant temperature variation in the thermal weed control process // Zeitschrift für Pflanzenkrankheit und Pflanzenschutz. 2006. Sonderheft XX. S. 355–361.
14. Sirvydas A., Lazauskas P., Vasinauskienė R., Kerpauskas P. Weed control in onions by steam. Zeitschrift für Pflanzenkrakheit und Pflanzenschutz. 2004. Sonderheft XIX. S. 581–587.
15. Tei F., Stagnari F., Granier A. Preliminary results on physical weed control in spinach // European Weed Research Society. 5th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control. Pisa, Italy, 11–13 March 2003. P. 164–171.
16. Vasinauskienė R. Terminės aplinkos poveikio augalams tyrimai ir agrotechnologinis įvertinimas. Daktaro disertacija. Akademija: LŽŪU, 2004. 99 p.
17. Virbickaite R., Sirvydas A. P., Kerpauskas P., Vasinauskiene R. The comparison of thermal and mechanical ways of weed control // Agronomy Research. 2006. No. 4. P. 451–455.
18. Илькун Г. М. Енергетичний баланс рослин. Киев, 1967. 234 с.

Paulius Kerpauskas

THERMOENERGETIC PROCESSES IN WEEDS EXPOSED TO WATER STEAM

Summary

The method of thermal weed control is not selective and instantly exterminates both cultural plants and weeds. While exterminating weeds, the problem of protection of cultural plants from thermal effect arises. Using thermal weed control in the crop, the compatibility of thermal, biological and agrotechnological factors that influence the effectiveness of thermal weed control is essential. Thermal weed control is based on the energetic exchange of a plant in a high temperature medium created for this purpose. Independently of the parameters and their thermodynamic features of the high temperature media exterminating plants, the constituents of the process of thermal weed control are equal, as are also the constituent parts of the processes of plant energetic exchange.

In the article, the processes of energetic exchange in plants during thermal weed control in natural media, thermal control in the damp water steam medium, in thermally damaged plants (lethal process) and in cases of partial thermal lesion are discussed.

Key words: thermal weed control, plant temperature, thermal exchange in plant, thermal lesion of plant

Паулюс Керпаускас

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН В РАСТЕНИЯХ В ПРОЦЕССЕ УНИЧТОЖЕНИЯ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОДЯНЫМ ПАРОМ

Резюме

Термический метод уничтожения сорных растений является неселективным, поскольку мгновенно уничтожает как культурные, так и сорные растения. Поэтому в борьбе с сорной растительностью возникает проблема сохранения культурного растения от термического повреждения. Создание высокотемпературной паровой среды для уничтожения сорных растений и управление ею являются сложными и зависят от многих факторов. При использовании термического контроля за сорной растительностью необходимо учитывать влияние термических, биологических и агротехнологических факторов, от которых зависит эффективность уничтожения сорняков.

Метод термического уничтожения сорной растительности основан на энергетическом обмене в растениях. Уничтожение сорной растительности осуществляется путем создания высокотемпературной паровой среды. Независимо от свойств и параметров высокотемпературной среды составные части технологического процесса уничтожения сорняков водяным паром и закономерные процессы энергетического обмена являются одинаковыми. Рассмотрены процессы энергетического обмена в сорной растительности, происходящие во время ее термического уничтожения в среде насыщенного водяного пара.

Ключевые слова: термический контроль сорняков, температура растения, энергетический обмен в растениях, частичное термическое повреждение растений