

Augalų liekanose sukaupto lignino skaidymo priemolio glėjiškajame rudžemyje dėsningumai

Rimantas Velička,

Marija Rimkevičienė,

Zita Kriauciūnienė,

Aušra Marcinkevičienė

Lietuvos žemės ūkio universitetas,
Akademija, Kauno r.,
LT-53076, Studentų g. 11,
el. paštas rimantas.velicka@lzuu.lt

Tyrimai vykdyti 2003–2005 m. Lietuvos žemės ūkio universiteto Bandymų stotyje. Tirti lignino koncentracijos pokyčiai žieminių ir vasarinių rapsų (*Brassica napus* L.), žieminių kviečių (*Triticum aestivum* L.), raudonųjų dobilų (*Trifolium pratense* L.) šaknyse bei antžeminėse liekanose per 98, 232, 444, 595, 808 jų skaidymosi dirvožemyje dienas.

Nustatyta, kad visą augalų liekanų skaidymosi tyrimų laikotarpį (808 d.) mažėjo sausųjų medžiagų kiekis bei organinės anglies ir azoto santykis, todėl lignino koncentracija sausosiose medžiagose didėjo iki 595 organinės medžiagos irimo dienų. Po 595 augalų liekanų skaidymosi dienų ligninas pradėjo irti, tačiau esmingai jo koncentracija sumažėjo tik žieminių ir vasarinių rapsų kūlėnose. Esminis lignino koncentracijos sumažėjimas visose augalų liekanose nustatytas po 808 jų skaidymosi dienų. Daugiausiai susiskaidė raudonųjų dobilų ražienojų ligninas (38,0%), o mažiausiai – žieminių rapsų šaknų (12,8% nuo didžiausios lignino koncentracijos). Žieminių rapsų liekanose sausosios medžiagos ir ligninas skaidėsi, o anglies ir azoto santykis mažėjo lėčiau, negu vasarinių rapsų. Tarp lignino koncentracijos yrančių rapsų bei kviečių liekanose ir sausųjų medžiagų bei anglies su azotu santykio jose nustatytas stiprus atvirkštinis priklausomumas.

Raktažodžiai: žieminiai ir vasariniai rapsai, žieminiai kviečiai, raudonieji dobilai, ligninas, sausosios medžiagos, anglies ir azoto santykis, skaidymasis

IVADAS

Vienas aktualiausių agronomijos mokslo tyrimų objektų yra dirvožemio organinės medžiagos išsaugojimas ir jos palaikymas žemdirbystei būtiname lygyje [15–17]. Organinės medžiagos skaidymo intensyvumą sąlygoja klimatas, dirvožemis, biotos įvairovė, jų tarpusavio sąveika ir žmogaus veikla. Svarbus dirvožemio derlingumo stabilumo kriterijus yra organinės medžiagos skaidymasis, apimantis mineralizaciją, humifikaciją, fiksaciją ir migraciją [21]. Šių procesų intensyvumą ir tarpusavio ryšius lemia lengvai skaidomų komponentų ir lignino koncentracija bei jų santykis augalų liekanose [9, 10, 14]. Ligninas yra vienas pagrindinių humuso susidarymo, dirvožemio derlingumo bei ekologijos palaikymo šaltinių [23, 25].

Ligninas (lot. *lignum* – medis) – fenolinis polimeras, su celiulioze ir hemiceliulioze sudarantis augalų ląstelių sienelės [2, 7]. Tai sudėtingos, organinės kilmės, polimerinės, sunkiai įrstančios medžiagos, sukauptos didžiulės fotosintetinės energijos atsargas [1, 18]. Nuo ląstelės sienelės tipo ir struktūros priklauso lignino kiekis bei jo cheminė sudėtis [3, 5, 6]. Daugiausiai lignino yra medienoje – 20–30%, o žolėse – 10–20% [23]. Skirtingų rūšių lauko augaluose lignino sudėtis labai įvairi. Rapsų stiebų

lignino sandara būdinga visų gaubtasėklių medienai: augalams bręstant nustatyta nedidelė siringilo su koniferilu santykio kaita [4]. Lietuvos Botanikos instituto atliktais tyrimais, žieminių kviečių šiauduose celiuliozė sudarė 51,38%, ligninas – 14,30%, rugių šiauduose – atitinkamai 36,80 ir 11,70%, liucernos stiebuose – 37,97 ir 15,7% [12]. Augalų ląstelių sienelėse ligninas yra uždarys ir vandens indų kūlelių parenchimos sudėtinė dalis [6, 11]. Didžiausia jo koncentracija – ląstelės sienelės viduryje ir jos kampuose [1, 2]. Stambiamolekuliniai polisacharidai, kurie yra monosacharidų kondensacijos produktai, sudaro 30–50% lignino [25]. Lignine buvo nustatyta azoto priemaišų [23], tačiau pastarųjų dešimtmečių šaltiniuose nurodoma, kad ligninas priklauso neazotinių organinių junginių grupei [3, 11, 13].

Sudėtingos polimerinės prigimties ligninas yra labai atsparus išorės veiksniams, turi statinių savybių ir apsaugo ląstelės citoplazmą nuo skaidymo [1, 2, 14]. Tačiau kai kurie dirvos grybai kaip anglies šaltinį vartoja lignino metabolitus [12]. Sieros turinčių antrinės kilmės metabolitų – tiogliukozidų ir gliukozinolatų aptinkama bastutinių šeimos augaluose. Šių junginių skilimo produktai yra biologiškai aktyvūs ir dažniausiai kenksmingi gyvuliams. Vienas dirvos biotos rūšis gliukozinolatai veikia kaip stimulatoriai, kitas – kaip inhibitoriai [26].

Skaidantis augalų liekanoms vyksta lignino depolimerizacija – skyla tarponomerinės jungtys ir kartu kondensuojami aromatiniai junginiai [13, 24]. Lignolitinis fermentas fenoloksidazė skaido ligniną iki fenolinių alkoholių ir aldehydų [5]. Ligniną daugiausiai skaido grybai [14, 18]. Mikroorganizmų skaidomi lignino polimerai virsta biopolimerais, kurie jungiasi su aminorūgštimis arba baltymais, sudarydami pirminius huminius junginius [23–25]. Kuo ilgiau biopolimerai skaidomi dirvoje, tuo didesnė tikimybė, kad susidarys stabilūs huminiai junginiai [25].

Pastebėta, kad dirvožemio pagerinimas rapsais ir teigiamas poveikis po jų auginamiems augalams tęsiasi dvejus metus. Po rapsų humuso dirvoje yra daugiau nei po kviečių, bet mažiau nei po dobilų [19]. Tačiau dirvos gerinimas rapsais nėra moksliskai pagrįstas. Galima manyti, kad rapsų liekanose esantis anglis su azotu santykis palankus jų skaidymuisi, tačiau didesnis nei daugumoje kitų lauko augalų lignino kiekis sąlygoja lėtesnę jų mineralizaciją.

Šio darbo tikslas – nustatyti lignino koncentraciją besiskaidančiose dirvožemyje rapsų, kviečių ir dobilų liekanose.

METODAI IR SĄLYGOS

Augalų liekanų skaidymosi tyrimai vykdėti 2003–2005 m. modeliniuose lauko bandymuose LŽŪU Bandymų stotyje, drenuotame giliau karbonatingame sekliai glėjiškame rudžemyje (RDg8-k2) – [*Endocalcari-Epihy-pogleyic Cambisol (sicco)*] (CMg-p-w-can). Dirvožemio ariamojo sluoksnio pH 6,92–6,86, bendrojo azoto – 1,30–1,47 g kg⁻¹, humuso – 2,35–2,43%, pasotinio bazėmis laipsnis – >90%, judriųjų P₂O₅ – 158–255 mg kg⁻¹, K₂O – 124–167 mg kg⁻¹, SO₄⁻² – 12,3–18,6 mg kg⁻¹. Dirvožemio profilio ariamojo horizonto (Aa – 0–20 cm) granulimetrinė sudėtis: vyravo dulcės (0,05–0,002 mm) – 55,3% ir smėlis (2–0,05 mm) – 33,8%, molio dalelės (<0,002 mm) sudarė tik 10,9%, C_{org}:N buvo 9,2. Tuo tarpu poarminiame horizonte (Bwg – 32–42 cm) vyravo molio dalelės (<0,002 mm) – 38,6%, o C_{org}:N buvo didžiausias iš visų horizontų – 10,7. Dirvožemio profilyje nuo 50 cm gylio molio

dalelės (<0,002 mm) sudarė 43,7–68,0%, C_{org}:N mažėjo nuo 7,5 iki 5,7.

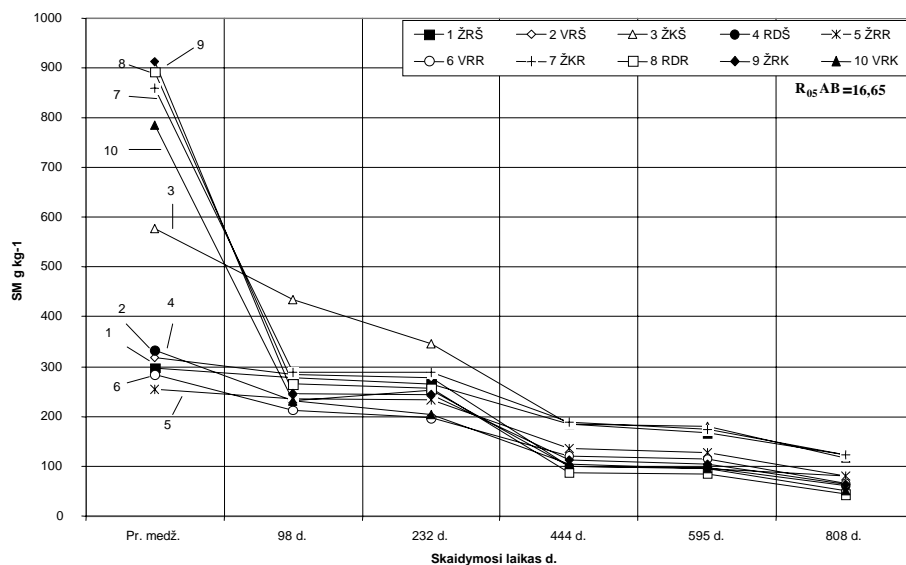
Tyrimai atlikti pagal dviejų veiksnių schemą: A veiksnys. Augalų liekanų skaidymosi trukmė (tyrimų laikotarpiai): 1. 98 d.; 2. 232 d.; 3. 444 d.; 4. 595 d.; 5. 808 d. Bandymai įrengti 2003 m. rugpjūčio 25 d. Kiekvieno laikotarpio (išskyrus bandymo įrengimo datą) pradžios ir pabaigos atskaitos taškas – trys iš eilės paros su ≥ 5°C temperatūra dirvos 20 cm gylyje pavasarį ir ≤ 5°C rudenį. B veiksnys. Augalų liekanos: 1. Žieminių rapsų šaknys; 2. Vasarinių rapsų šaknys; 3. Žieminių kviečių šaknys; 4. Raudonųjų dobilų šaknys; 5. Žieminių rapsų ražienojai (nuo šaknies kaklelio 30 cm); 6. Vasarinių rapsų ražienojai (analogiškai 5 var.); 7. Žieminių kviečių ražienojai (iki 20 cm aukščio); 8. Raudonųjų dobilų ražienojai (iki 20 cm aukščio); 9. Žieminių rapsų kūlenos (stiebai su visų eilių šakomis ir ankštara sąvaromis); 10. Vasarinių rapsų kūlenos (analogiškai 9 var.).

Nuėmus žieminių (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* *bien-nis* Metzg.) ir vasarinių (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* *annua* Metzg.) rapsų derlių paruošti šaknų, ražienojų ir kūlenų ėminiai. Palyginimui parinkti žieminių kviečių (*Triticum aestivum* L.) po derliaus nuėmimo ir antrųjų naudojimo metų po pirmos pjūties raudonųjų dobilų (*Trifolium pratense* L.) šaknys ir ražienojai. Augalų liekanos susmulkintos 2–3 cm kapojais ir 20 g natūralaus drėgnio svėriniai, kuriuose, atsižvelgiant į augalų liekanų rūšį, buvo nustatytas skirtingas sausųjų medžiagų kiekis, sudėti į tinklinius polichlorvinilo maišelius, kurių akučių skersmuo 0,05 mm. Maišelių dydis – 9×12 cm. Lauko bandymams skirtoje aikštelėje (juodajame pūdyje) į išartos vagos šoną 20 cm gylyje, 20 cm atstumais pagal bandymų schemą keturiais pakartojimais išdėstyti maišeliai su augalų liekanomis. Bandiniai buvo išdėstyti penkiose vagose. Kiekvieno tyrimų laikotarpio pabaigoje iš vienos vagos maišeliai iškasti, nuvalytos žemės, nustatytas turinio sausųjų medžiagų kiekis. Likęs turinys išdžiovinamas iki orausio, sumaltas, persijotas per 1 mm sietą. Atliktos kiekvieno pakartojimo ėminių analizės. Duomenys pateikti sausomis medžiagomis, kurių kiekis nustatytas džiovinant 105°C temperatūroje, ligninas – Klasono [22], organinė anglis – Tiurino, azotas – Kjeldalio metodais. Dirvožemio

1 lentelė. Tyrimų laikotarpių trukmė ir meteorologinės sąlygos

LŽŪU Bandymų stotis, 2003–2005 m.

Tyrimų laikotarpis	Kalendorinė data	Laikotarpių trukmė	Laikotarpių trukmė nuo tyrimų pradžios	Per laikotarpį		
				temperatūrų suma ≥5°C		kritulių suma mm
				vid. oro	vid. 20 cm gylyje	
I	2003 09 25 – 2003 12 01	98	98	682	817	411
II	2003 12 01 – 2004 04 13	134	232	927	56	211
III	2004 04 13 – 2004 11 11	232	444	2664	2958	417
IV	2004 11 11 – 2005 04 11	151	595	123	68	216
V	2005 04 11 – 2005 11 02	213	808	2766	3102	399



1 pav. Sausųjų medžiagų kiekio kitimas augalų liekanų skaidymosi metu. ŽRS – žieminių rapsų šaknys, VRŠ – vasarinių rapsų šaknys, ŽKS – žieminių kviečių šaknys, RDS – raudonųjų dobilų šaknys, ŽRR – žieminių rapsų ražienojai, VRR – vasarinių rapsų ražienojai, ŽKR – žieminių kviečių ražienojai, RDR – raudonųjų dobilų ražienojai, ŽRK – žieminių rapsų kūlėnos, VRK – vasarinių rapsų kūlėnos

granulimetrinė sudėtis – pipetiniu metodu pagal FAO/ISRIC, pH_{KCl} – potenciometriniai, organinė anglis – Walkley–Black, bendrasis N – Kjeldalio, humusas – Tiurino metodais, pasotrinimo bazėmis laipsnis apskaičiuotas iš sorbuotų bazių sumos (pagal Kappeno–Hilkovico metodą) ir hidrolizinio rūgštumo (pagal Kappeno metodą), judrieji P_2O_5 , K_2O , SO_4^{2-} – infraraudonųjų spindulių spektrofotometru PSCO/ISI IBM-PC 4250 pagal duomenų bankų kalibruotes, kurie sudaryti P_2O_5 ir K_2O nustatymui taikant A–L, o SO_4^{2-} – turbidimetrinį metodus.

Tyrimų duomenys statistiškai įvertinti dviejų veiksnių dispersinės analizės ir koreliacinės-regresinės anali-

zės metodais, naudojant kompiuterines duomenų įvertinimo programas ANOVA ir STAT iš paketo SELEKCIJA.

Tyrimų laikotarpių trukmė, oro ir dirvos (20 cm gylyje) temperatūrų bei kritulių sumos pateiktos 1 lentelėje.

Meteorologinės sąlygos nuo daugiamėčių vidurkių kiek daugiau skyrėsi tik penktajame laikotarpyje. 2005 m. rugpjūčio 8 d. per parą iškrito 82,9 mm kritulių, kai daugiametis mėnesio vidurkis – 74,5 mm, o spalį buvo tik 10,8 mm kritulių, kai daugiametis mėnesio vidurkis – 46,2 mm. Šiam laikotarpiui būdinga užsitęsusių sausrų, aukštų oro temperatūrų ir liūčių staigi kaita.

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

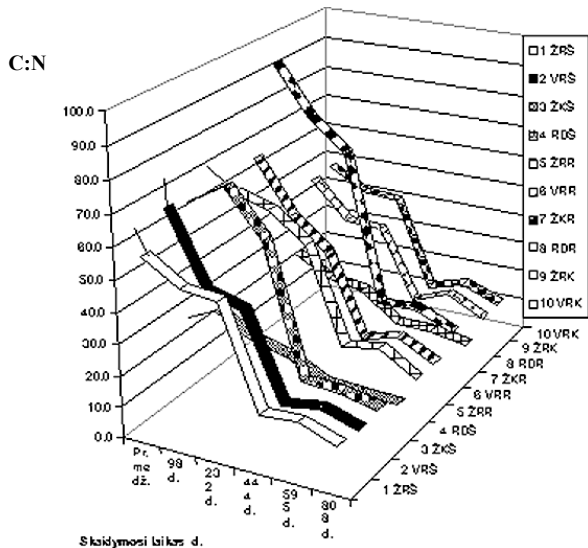
Tirtose augalų liekanose: žieminių ir vasarinių rapsų šaknyse, ražienojuose ir kūlėnose bei žieminių kviečių, raudonųjų dobilų šaknyse ir ražienojuose buvo nustatyta skirtinga lignino koncentracija (2 lentelė). Daugiausiai lignino buvo žieminių kviečių ražienojuose ($225,0 \text{ g kg}^{-1}$), o mažiausiai – raudonųjų dobilų ražienojuose ($79,4 \text{ g kg}^{-1}$) bei vasarinių ir žieminių rapsų kūlėnose – atitinkamai 89,5 ir $93,51 \text{ g kg}^{-1}$. Rapsų šaknys ir ražienojai šiuose tyrimuose užėmė tarpinę padėtį. Augalų šaknyse, išskyrus žieminius kviečius, lignino koncentracija didesnė, nei antžeminėse dalyse. Žieminių rapsų šaknyse lignino

2 lentelė. Lignino kiekis augalų liekanų skaidymo dirvožemyje metu LŽŪU Bandyimų stotis, 2003–2005 m.

Augalų liekanos (B veiksnys)	Ligninas g kg^{-1} s. m.					
	skaidymosi laikas d. (A veiksnys)					
	pradinė medžiaga	98	232	444	595	808
Žieminių rapsų šaknys	155,6bc ^{2*3*4*5*6*}	207,7a ^{1*3*4*5*6*}	238,6a ^{1*2*4*5*6*}	370,5a ^{1*2*3*6*}	364,7a ^{1*2*3*6*}	323,2a ^{1*2*3*4*5*}
Vasarinių rapsų šaknys	130,9d ^{2*3*4*5*6*}	161,5bcd ^{1*3*4*5*6*}	184,8b ^{1*2*4*5*6*}	305,0bc ^{1*2*3*6*}	300,5b ^{1*2*3*6*}	258,0bc ^{1*2*3*4*5*}
Žieminių kviečių šaknys	163,1b ^{3*4*5*6*}	168,6bcd ^{3*4*5*6*}	221,2a ^{1*2*4*5*6*}	290,5cd ^{1*2*3*6*}	288,4bc ^{1*2*3*6*}	252,0bc ^{1*2*3*4*5*}
Raudonųjų dobilų šaknys	102,0ef ^{2*3*4*5*}	154,4bcd ^{1*6*}	156,1cd ^{1*6*}	174,2e ^{1*6*}	166,1e ^{1*6*}	120,8f ^{2*3*4*5*}
Žieminių rapsų ražienojai	134,1cd ^{2*3*4*5*6*}	173,4bc ^{1*4*5*6*}	187,3b ^{1*4*5*6*}	325,0b ^{1*2*3*6*}	309,0b ^{1*2*3*6*}	270,2b ^{1*2*3*4*5*}
Vasarinių rapsų ražienojai	120,7de ^{2*3*4*5*6*}	153,8cd ^{1*4*5*6*}	167,1bc ^{1*4*5*6*}	302,0c ^{1*2*3*6*}	288,7bc ^{1*2*3*6*}	240,7cd ^{1*2*3*4*5*}
Žieminių kviečių ražienojai	225,0a ^{4*5*6*}	227,3a ^{4*5*6*}	240,0a ^{4*5*6*}	306,8bc ^{1*2*3*6*}	290,0bc ^{1*2*3*6*}	266,4b ^{1*2*3*4*5*}
Raudonųjų dobilų ražienojai	79,4g ^{2*3*4*5*}	118,0e ^{1*4*5*}	138,8d ^{1*6*}	160,5e ^{1*2*6*}	151,5e ^{1*2*6*}	99,6f ^{3*4*5*}
Žieminių rapsų kūlėnos	93,5fg ^{2*3*4*5*6*}	176,4b ^{1*4*5*6*}	175,9bc ^{1*4*5*6*}	303,5bc ^{1*2*3*5*6*}	277,5c ^{1*2*3*4*6*}	223,0d ^{1*2*3*4*5*}
Vasarinių rapsų kūlėnos	89,5fg ^{2*3*4*5*6*}	149,6d ^{1*3*4*5*6*}	173,3bc ^{1*2*4*5*}	276,0d ^{1*2*3*5*6*}	230,7d ^{1*2*3*4*6*}	179,8e ^{1*2*4*5*}

$R_{05}AB = 22,01$

Pastaba: vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (B veiksnys) ir skirtingais skaitmeniniais indeksais bei žvaigždute (A veiksnys), skirtumai yra esminiai esant 95% tikimybės lygiui. Skaitmenys rodo, su kuriuo iš vidurkių (skaičiuojant iš kairės) yra esminis skirtumas.



2 pav. Organinės anglies ir bendrojo azoto santykis augalų liekanų skaidymosi dirvožemyje metu. ŽRS – žieminių rapsų šaknys, VRS – vasarinių rapsų šaknys, ŽKŠ – žieminių kviečių šaknys, RDŠ – raudonųjų dobilų šaknys, ŽRR – žieminių rapsų ražienojai, VRR – vasarinių rapsų ražienojai, ŽKR – žieminių kviečių ražienojai, RDR – raudonųjų dobilų ražienojai, ŽRK – žieminių rapsų kūlėnos, VRK – vasarinių rapsų kūlėnos

buvo esmingai daugiau, negu vasarinių rapsų. Žieminių rapsų, lyginant su vasarinių rapsų, ražienojuose ir kūlėnose nustatytas didesnis kiekis lignino, tačiau šis skirtumas buvo neesminis.

Augalų liekanų tyrimų laikotarpiu (808 d.) mažėjo sausųjų medžiagų kiekis bei organinės anglies ir azoto santykis (1, 2 pav.). Mineralizuojantis liekanoms lignino koncentracija sausosiose medžiagose sąlyginai didėjo iki 595 organinės medžiagos irimo dienų. Po to ligninas pradėjo irti.

Per 98 augalų liekanų skaidymosi dieną pagal sausųjų medžiagų kiekį mažiausiai susiskaidė buvo žieminių rapsų šaknys ir ražienojai, o lignino koncentracija padidėjo atitinkamai 33,5 ir 29,3%. Iš augalų šaknų greičiausiai buvo skaidomos dobilų šaknys, o lignino koncentracija sausosiose medžiagose padidėjo 51,4%. Antžeminėse augalų dalyse intensyviausiai buvo ardomi žieminių (73,1%) ir vasarinių (70,7%) rapsų bei dobilų (70,3%) ražienojai, o lignino koncentracijos padidėjimas organinėje medžiagoje sudarė atitinkamai 39,3, 33,1 ir 38,6 g kg⁻¹. C:N mažėjo visose augalų liekanose. Tai vyko dėl to, kad irstant lengvai skaidomiems organiniams junginiams C kiekis mažėjo, o N kiekis sąlyginai didėjo. Be to, N kiekio padidėjimą lėmė ir dirvožemio biotos veikla [8, 20]. Mažiausiai C:N sumažėjo žieminių rapsų ražienojuose (5,4%) ir šaknyse (13,2%).

Intensyviausiai augalų liekanos skaidėsi trečiajame tyrimų laikotarpyje – per 212 dienų augalų vegetacijos metu (444 d. nuo tyrimų pradžios). Labiausiai buvo susiskaidė raudonųjų dobilų ražienojai, tačiau matyt dėl

intensyvios mineralizacijos, didėjant azoto koncentracijai, C:N sumažėjo iki 8,5. Mažiausia juose buvo ir lignino koncentracija – 160,5 g kg⁻¹, arba 81,1 g kg⁻¹ daugiau negu liekanų skaidymosi pradžioje. Tuo tarpu žieminių rapsų šaknys buvo suskaidytos mažiausiai, o lignino koncentracija iš visų augalų liekanų buvo didžiausia – 370,5 g kg⁻¹. Visose žieminių rapsų morfologinių dalių liekanose lignino koncentracija buvo esmingai didesnė, negu vasarinių rapsų. Prieš liekanų skaidymąsi didžiausia lignino koncentracija buvo žieminių kviečių ražienojuose (225,0 g kg⁻¹), tačiau po 444 augalų liekanų irimo dienų lignino koncentracija padidėjo tiksliai 81,8 g kg⁻¹, arba 17,2% mažiau negu žieminių rapsų šaknyse ir 12,3% mažiau negu žieminių rapsų ražienojuose. Tai sąlygojo visas kompleksas aplinkos veiksnių, iš kurių, kaip svarbiausius, reikėtų išskirti: cheminę augalų liekanų sudėtį, lignino molekulinę sandarą, dirvožemio biotos įvairovę, jos gausumą ir veiklos intensyvumą [7, 12, 25].

Ketvirtasis augalų liekanų skaidymosi tyrimų laikotarpis (151 d. arba 595 d. nuo tyrimų pradžios) vyko žiemos sąlygomis. Literatūroje nurodoma, kad kai kurie mikroorganizmai organinę medžiagą skaido ir 0°C temperatūroje [23]. Nors augalų liekanų skaidymasis nebuvo intensyvus (0,4–6,1 proc. vnt. sausųjų medžiagų), tačiau po šio laikotarpio visose augalų liekanose ligninas pradėjo skaidytis. Esminis lignino koncentracijos sumažėjimas nuo didžiausio jo kiekio nustatytas žieminių (26,0 g kg⁻¹) ir vasarinių (45,3 g kg⁻¹) rapsų kūlėnose.

Po 808 skaidymosi dienų visose augalų morfologinių dalių liekanose lignino koncentracija esmingai sumažėjo: tiek nuo didžiausio jo kiekio organinėje medžiagoje (po 444 d.), tiek nuo kiekio jo irimo pradžioje (po 595 d.). Mažiausiai ligninas susiskaidė (12,8% nuo didžiausios koncentracijos) žieminių rapsų šaknyse. Atlikus koreliacinę-regresinę duomenų analizę, nustatyta stipri atvirkštinė lignino koncentracijos ir sausųjų medžiagų kiekio koreliacija: $y = 518,66 - 1,10x$, $r = -0,88$, $P < 0,05$ bei labai stiprus priklausomumas tarp lignino ir anglies su azotu santykio – $y = 419,25 - 4,24x$, $r = -0,95$, $P < 0,01$. Daugiausiai buvo suskaidytas raudonųjų dobilų ražienojų ligninas – 38% (nuo didžiausios jo koncentracijos), o C:N buvo iš visų tirtų augalų liekanų mažiausias – 6,1.

Po 808 augalų liekanų skaidymosi dienų mažas lignino irimas nustatytas taip pat žieminių kviečių šaknyse (13,3%) ir ražienojuose (13,2%). Lignino koncentracijos ryšys su sausųjų medžiagų kiekiu žieminių kviečių šaknyse taip pat buvo labai stiprus atvirkštinis ($r = -0,99$, $P < 0,05$), lygiai kaip ir lignino koncentracijos su C:N ($r = -0,93$, $P < 0,01$). Duomenys rodo, kad lėčiausiai iš visų tirtų augalų dalių liekanų ligninas skaidėsi žieminių rapsų šaknyse ir žieminių kviečių šaknyse bei ražienojuose.

Žieminių rapsų šaknyse, ražienojuose ir kūlėnose ligninas suiro 12,8, 16,9, 26,5% – esmingai mažiau, negu vasarinių rapsų – atitinkamai 15,9, 20,1, 34,1%. Lignino ir sausųjų medžiagų kiekio stiprus atvirkštinis

koreliacinis ryšys nustatytas žieminių rapsų šaknyse ($r = -0,88$, $P < 0,05$) ir ražienojuose ($r = -0,88$, $P < 0,05$), o vasarinių rapsų – labai stiprus atvirkštinis šaknyse ($r = -0,95$, $P < 0,01$) ir stiprus atvirkštinis ražienojuose ($r = -0,86$, $P < 0,05$) bei labai stiprus atvirkštinis tarp lignino ir C:N – atitinkamai $r = -0,95$, $P < 0,01$ ir $r = -0,94$, $P < 0,01$ bei $r = -0,94$, $P < 0,01$ ir $r = -0,93$, $P < 0,01$.

Žieminių rapsų kūlenų skaidymosi metu lignino koncentracijos ryšys su sausųjų medžiagų kiekiu buvo tokio pat pobūdžio. Žieminių ir vasarinių rapsų kūlenose lignino koncentracijos ryšys su C:N buvo stiprus ir atvirkštinis (atitinkamai $r = -0,91$, $P < 0,05$ ir $r = -0,81$, $P < 0,05$). Tai rodo žieminių rapsų liekanose, ypač šaknyse, esančio lignino didesnę statiškumą, lyginant su vasariniais rapsais bei ilgiau trunkantį organinės medžiagos skaidymą ir huminių junginių sintezę.

IŠVADOS

1. Tirtose augalų liekanose: žieminių ir vasarinių rapsų šaknyse, ražienojuose ir kūlenose, lyginant jas su žieminių kviečių ir raudonųjų dobilų šaknimis ir ražienojais, buvo skirtinga lignino koncentracija. Augalų liekanų skaidymosi pradžioje (įrengiant bandymą) didžiausia lignino koncentracija buvo žieminių kviečių ražienojuose ($225,0 \text{ g kg}^{-1}$), o mažiausia – raudonųjų dobilų ražienojuose ($79,4 \text{ g kg}^{-1}$). Rapsai užėmė tarpinę padėtį ($130,9\text{--}155,6 \text{ g kg}^{-1}$). Žieminių rapsų šaknyse lignino buvo esmingai ($18,9\%$) daugiau, negu vasarinių rapsų.

2. Per visą augalų liekanų skaidymosi tyrimų laikotarpį (808 d.) jose mažėjo sausųjų medžiagų kiekis bei organinės anglies ir azoto santykis, todėl lignino koncentracija sausosiose medžiagose sąlyginai didėjo iki 595-os organinės medžiagos irimo dienos.

3. Po 444 d. daugiausiai susiskaidžiusiuose dobilų ražienojuose ($90,1\%$) lignino koncentracija buvo mažiausia – $160,0 \text{ g kg}^{-1}$, kai žieminių rapsų šaknų sausosioms medžiagoms suirus $37,6\%$, jose nustatyta didžiausia lignino koncentracija – $370,5 \text{ g kg}^{-1}$. Šiame augalų liekanų skaidymosi tarpsnyje lignino koncentracija visose žieminių rapsų liekanų morfologinėse dalyse buvo esmingai didesnė negu vasarinių rapsų.

4. Po 595 augalų liekanų skaidymosi dienų ligninas pradėjo irti: esmingai sumažėjo jo kiekis žieminių ir vasarinių rapsų kūlenose, o kitose augalų liekanose nustatyta tik lignino koncentracijos mažėjimo tendencija.

5. Po 808 augalų liekanų skaidymosi dienų lignino koncentracija esmingai sumažėjo visose augalų morfologinių dalių liekanose. Daugiausiai susiskaidė raudonųjų dobilų ražienojų lignino – $38,0\%$. Mažiausiai susiskaidęs buvo žieminių rapsų šaknų ligninas ($12,8\%$ nuo didžiausios koncentracijos). Žieminių rapsų liekanose sausosios medžiagos ir ligninas skaidėsi, o anglies ir azoto santykis mažėjo lėčiau nei vasarinių rapsų liekanose.

6. Tarp lignino koncentracijos yrančių rapsų bei kviečių liekanose ir sausųjų medžiagų bei anglies su azotu

santykio jose nustatytas stiprus atvirkštinis priklausomumas.

Gauta 2006 03 14
Parengta 2006 08 20

Literatūra

1. Blanchette R. A. A review of microbiological deterioration found in archeological wood from different environments // *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2000. Vol. 46. P. 189–204.
2. Boerjan W., Ralph J. and Baucher M. Lignin biosynthesis. *Annual Review of Biology*. 2003. Vol. 54. P. 519–546.
3. Donaldson Lloyd A. Lignification and lignin topochemistry. An ultrastructural view // *Phytochemistry*. 2001. Vol. 57. N 6. P. 859–873.
4. Evansa B. W., Snapeb C. E., Jarvis M. C. Lignification in relation to the biennial growth in brassicas // *Phytochemistry*. 2003. Vol. 63. N 7. P. 765–769.
5. Gisi U. *Bodenökologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 1990. 304 S.
6. Grabber J. H. How do lignin composition, structure and cross-linking affect degradability? A review of cell wall model studies // *Crop Science*. 2005. Vol. 45. N 3. P. 820–831.
7. Grabber J. H., Ralph J., Lapierre C. and Barriere Y. Genetic and molecular basis of grass cell wall degradability. Lignin cell wall matrix interactions // *Comptes Rendus Biologies*. 2004. Vol. 327. P. 455–465.
8. Hadas A., Kautsky L., Goek M., Kara E. E. Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue component through simulation of carbon and nitrogen turnover // *Soil Biology and Biochemistry*. 2004. Vol. 36. N 2. P. 255–266.
9. Kalbitz K., Solinger S., Park J. H., Michalzik B., Matzner E. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: a review // *Soil Science*. 2000. N 165. P. 277–304.
10. Klimanek E. M. Qualität und Umsetzungsverhalten von Ernte und Wurzelrückständen land – wirtschaftlich genutzter Pflanzenarten. Dissertation. FBZ. Müncheberg Bad Lauchstadt. DAL. Akademie, Berlin. 1988. 177 S.
11. Kögel-Knaber J. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter // *Soil Biology & Biochemistry*. 2002. N 34. P. 139–162.
12. Lugauskas A. *Mikrobiologiniai medžiagų pažeidimai*. Vilnius, 1997. P. 110–122.
13. Sjöberg G. Lignin degradation. Doctoral thesis. Uppsala, 2003. 46 p.
14. Sollins P., Homann P., Caldwell B. A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls // *Geoderma*. 1996. Vol. 74. P. 65–105.
15. Šlepetienė A., Šlepetys J. Status of humus in soil under various long-term tillage systems // *Geoderma*. 2005. Vol. 127. P. 207–215.
16. Švedas A. *Dirvožemio našumo kitimas* // Lietuvos dirvožemiai. Vilnius: Lietuvos mokslas, 2001. P. 972–975.
17. Tripolskaja L. Organinės trąšos ir jų poveikis aplinkai: monografija. ŽI, 2005. P. 17–20.

18. Varnaitė R. Lignino degradacija rugių šiauduose pradinėse mikromicetų kultivavimo stadijose // *Ekologija*. 2004. Nr. 3. P. 34–37.
19. Velička R. Rapsai: monografija. Kaunas: Lututė, 2002. 320 p.
20. Velička R., Rimkevičienė M., Marcinkevičienė A., Kriauciūnienė Z. Sausųjų medžiagų, organinės anglies ir azoto pokyčiai augalų liekanose pirmaisiais jų skaidymosi metais // *Žemės ūkio mokslai*. 2006. Nr. 1. P. 14–21.
21. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Ленинград: Наука, 1980. 288 с.
22. Ермаков А. И. и др. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. Ленинград: Колос, 1972. С. 183–184.
23. Кононова М. М. Органическое вещество почвы. Москва, 1963. 305 с.
24. Манская С. М., Кодина Л. А. Ароматические структуры лигнина и их роль в образовании гуминовых кислот // *Почвоведение*. 1969. № 1. С. 79–85.
25. Тейт Р. Органическое вещество почвы. Москва, 1999. С. 126–189.
26. Третьяков Н. Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. Москва: Колос, 1998. 639 с.

**Rimantas Velička, Marija Rimkevičienė,
Zita Kriauciūnienė, Aušra Marcinkevičienė**

CHANGES OF LIGNIN CONCENTRATION IN PLANT REMAINS DURING THEIR DECOMPOSITION IN *CAMBISOL* LOAM

Summary

Experiments were carried out at the Experimental Station of the Lithuanian University of Agriculture in the period 2003–2005. Changes of lignin concentration in roots and overground remains of winter and spring rape (*Brassica napus* L.), winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and red clover (*Trifolium pratense* L.) over 98, 232, 444, 595, 808 days of their decomposition in the soil were investigated.

During the whole period of the investigation (808 days) the quantity of dry matter and the ratio of organic carbon and nitrogen were decreasing, and therefore the concentration of lignin in dry matter was increasing till 595 days of organic matter decomposition. After 595 days lignin degradation started, but its concentration was significantly lower only in winter and spring rape thrashing remains. A significant decrease of lignin concentration in all plant remains was observed after 808 days of their decomposition. Lignin was most decomposed in red

clover stubble remains (38.0%) and least in winter rape root remains (12.8% from the highest concentration of lignin). Dry matter and lignin decomposition and the ratio of carbon and nitrogen were decreasing slower in winter than in spring rape remains. A strong negative relationship was found between the concentration of lignin and dry matter, as well as the ratio of carbon and nitrogen in oilseed rape and wheat during their decomposition.

Key words: winter and spring rape, winter wheat, red clover, lignin, dry matter, organic carbon and nitrogen ratio, decomposition

**Римантас Величка, Мария Римквичене,
Зита Кряучюнене, Аушра Марцинкявичене**

ТРАНСФОРМАЦИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛИГНИНА В РАЗЛАГАЕМЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКАХ В СУГЛИНИСТОМ КАМБИСОЛЕ

Резюме

Опыты проводились на Опытной станции Литовского сельскохозяйственного университета в 2003–2005 гг. Изучалась трансформация концентрации лигнина в корнях и надземных остатках озимого и ярового рапса (*Brassica napus* L.), озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и красного клевера (*Trifolium pratense* L.) за 98, 232, 444, 595, 808 дней их разложения в почве.

Установлено, что за весь период исследований (808 дней) разложения растительных остатков уменьшались в них содержание сухого вещества и соотношение углерода с азотом, поэтому в сухом веществе снижалась концентрация лигнина до 595 дней разложения органического вещества. После 595 дней разложения растительных остатков началась деструкция лигнина: его концентрация существенно снижалась только в обмолотах озимого и ярового рапса. Наибольшее разложение лигнина определено в стерне красного клевера – 38,0%, а наименьшее в корнях озимого рапса – 12,8% (от наивысшей концентрации лигнина). В остатках озимого рапса сухое вещество и лигнин разлагались, а соотношение углерода и азота уменьшалось медленнее, чем в остатках ярового рапса. В разлагаемых остатках рапса и озимой пшеницы установлена сильная обратная корреляционная зависимость между концентрацией лигнина и сухим веществом, а также соотношением углерода с азотом.

Ключевые слова: озимый и яровой рапс, озимая пшеница, красный клевер, лигнин, сухое вещество, соотношение углерода с азотом, разложение