
Agroklimatinių sąlygų įtaka kalio kiekiui vasariniuose rapsuose (*Brassica napus* L.)

Gvidas Šidlauskas

Lietuvos žemdirbystės institutas,
Dotnuvos sen.,
LT-5051 Kėdainių rajonas,
el. paštas gvidas@lzi.lt

Stasys Bernotas

Lietuvos žemdirbystės instituto
Vėžaičių filialas, Vėžaičiai,
LT-5845 Klaipėdos rajonas,
el. paštas filialas@vezaiciai.lzi.lt

Lauko bandymai su vasariniais rapsais (*Brassica napus*) 'Star' atlikti 1993–1997 m. Lietuvos žemdirbystės institute Dotnuvoje giliau karbonatingame, sekliai glėjiškame rudžemyje (Endocalcari-Epihypogleyic Cambisols) dirvožemyje, siekiant išaiškinti kalio koncentracijos vasariniuose rapsuose kitimą jų vegetacijos metu bei sėklose ir šiauduose priklausomai nuo pagrindinių vystymosi tarpsnių ir viso vegetacijos periodo, išreikšto kalendorinėmis dienomis, trukmės, kritulių kiekio, vidutinės paros oro temperatūros, augalų sukauptos aktyvių temperatūrų sumos, augalams prieinamo kalio kiekio dirvožemio 0–25 cm sluoksnyje, azoto trąšų normų bei šių veiksmų tarpusavio sąveikos efekto. Paaikškėjo, kad kalio koncentracija vasariniuose rapsuose skirtingais jų vystymosi tarpsniais bei derliuje priklauso nuo augalų išsivystymo laipsnio, kalendorinių dienų, praėjusių nuo sėjos, skaičiaus, augalų sukauptos aktyvių temperatūrų sumos ir kritulių kiekio atskirais augalų vystymosi tarpsniais ar bendrai per visą vegetacijos laikotarpį. Meteorologinių veiksmų tarpusavio sąveika bandymuose lėmė 33,3–99,9% kalio koncentracijos kaitos augaluose. Didžiausia kalio koncentracija sėklose nustatyta vegetacijos periodui trunkant 112,5 kalendorinės dienos, per vegetaciją iškritus 245,7 mm kritulių ir vegetacijos periodo vidutinei paros oro temperatūrai esant 16,7°C. Remiantis nustatytais kalio koncentracijos augaluose jiems esant 4–5 lapų vystymosi tarpsnio kitimo dėsniniais, straipsnyje pateikiami vasarinių rapsų sėklų derliaus prognozavimo modeliai, įgalinantys numatyti būsimą sėklų derlių 99,9% tikslumu.

Raktažodžiai: vasariniai rapsai, kalendorinių dienų skaičius, aktyvių temperatūrų suma, kritulių kiekis, azoto norma, kalio koncentracija

IVADAS

Priešingai nei azotas ar fosforas, kalis neįeina į augalo organinių medžiagų sudėtį, tačiau jis vaidina išskirtinį vaidmenį augalų fiziologinio aktyvumo procesuose. Priklausomai nuo augimo sąlygų augalai nevienodai reaguoja į tręšimą kalio trąšomis, jo trūkumo ar pertekliaus pasireiškimą. Jautriausi kaliumi paprastai esti daug jo sunaudojantys augalai, prie kurių priskiriami vasariniai bei žieminiai rapsai. Daugelis tyrimų rodo, kad sveiki, brandinantys gerą sėklų derlių rapsai hektare sukaupia 150–300 kg kalio [4, 6, 12]. Pakankamai judrus kalis lengvai juda iš vienos augalo dalies į kitą. Paprastai šis procesas pasireiškia kalio judėjimu iš senesnių į jaunesnius, vėliau susiformavusius organus, kuriuose intensyviausiai vyksta organinės medžiagos sintezės procesai [5, 18]. Šis fiziologinis kalio ypatumas iš dalies lemia jo koncentracijos pokyčius augale vegetacijos metu. Tyrimai rodo, kad didžiausia kalio koncentracija esti jaunuose rapsų lapuose [10, 13]. Augalams augant,

kalio koncentracija juose palaipsniui mažėja [1, 8, 14]. Vadinasi, kalio koncentracija augale priklauso nuo augalo amžiaus.

Tačiau kalio koncentracijos kitimui augale įtakos turi ir kiti veiksniai. Buvo nustatyta, kad dirvožemyje didėjant augalams prieinamo kalio kiekiui, jo koncentracija rapsų augaluose taip pat didėjo [3]. Todėl rapsus auginant neturtingose kalio dirvose gali būti pastebimai ribojamas jų augimas ir vystymasis, tačiau kalio judrumo dėka ne taip labai, kaip kad trūkstant azoto ar fosforo [11]. Ši fiziologinė kalio apyvartos augale ciklo ypatybė mažina kalio trąšų efektyvumą. Daugelyje vietų, įskaitant ir neturtingas kalio dirvas, atlikti tyrimai išryškino tik nedidelius rapsų sėklų derliaus priedus, gautus patręšus kalio trąšomis [7, 15, 16]. Tuo tarpu kalio trąšos rapsų sėklų derlių iš esmės padidino tik dirvoje, turinčioje mažiau nei 35 mg/kg dirvožemio augalams prieinamo kalio [17]. Kai kurių tyrėjų nuomone, meteorologinės rapsų augimo ir vystymosi sąlygos gali turėti didesnę įtaką rapsų derliui, negu dirvožemis ir jo

cheminiai parametrai [9, 19]. Tačiau kalio trąšų pasisavinimas bei kalio koncentracija augaluose gali priklausyti ir nuo dirvožemio mechaninės sudėties bei produktyvios drėgmės atsargų joje, nes kalis pirmiausia intensyviai citoplazmos koloidų hidrataciją didindamas jų dispersijos laipsnį, o tai padeda augalams geriau išlaikyti vandenį ir pakelti trumpalaikius sausros periodus. Vadinas, vyraujant sausesniam periodui, pakankamai gerai kaliumi aprūpinti augalai turi kiek palankesnes augimo ir vystymosi sąlygas [2, 18]. Tačiau nuodugniau įvertinti kritulių kiekio įtaką kalio koncentracijai rapsų augaluose skirtingais jų vystymosi tarpsniais duomenų aiškiai nepakanka. Nepakanka ir duomenų, iliustruojančių kalio koncentracijos kitimo dėsningumus vasarinių rapsų augaluose priklausomai nuo oro temperatūros svyravimų, augalų sukauptos aktyvių temperatūrų sumos, viso vegetacijos periodo ar atskirų vystymosi tarpsnių trukmės bei minėtų meteorologinių veiksnių, dirvožemio agrocheminių rodiklių ir tręšimo azoto trąšomis tarpusavio sąveikos efekto.

Lietuvoje kalio koncentracijos kitimo vasarinių rapsų augaluose priklausomai nuo aplinkos veiksnių tyrimų iš viso nebuvo atlikta. Todėl straipsnyje analizuojami kalio koncentracijos vasariniuose rapsuose ryšiai su agroklimatinėmis augimo ir vystymosi sąlygomis tam tikrais augalų vystymosi tarpsniais, azoto trąšų normomis ir dirvožemio agrocheminiais rodikliais praplės turimą informaciją bei pravers prognozuojant vasarinių rapsų derlių ir jo kokybės charakteristikas.

TYRIMŲ SĄLYGOS IR METODIKA

Daugiafaktoriniai lauko bandymai atlikti 1993–1997 m. Lietuvos žemdirbystės institute Dotnuvoje giliau karbonatingame, sekliai glėjiškame rudžemyje (Endocalcari-Epihypogleyic Cambisols), kuriame bendrojo azoto buvo vidutiniškai 0,132–0,181%, N-NO₃ – 6,7–14,2 mg/kg, N-NH₄ – 2,5–3,8 mg/kg, N_{min} – 9,1–18,0 mg/kg, judriojo fosforo – 230–355 mg/kg, judriojo kalio – 143–289 mg/kg, anglies – 1,4–2,2% ir bendrosios sieros – 80–181 mg/kg. Dirvožemio pH įvairavo nuo 6,4 iki 7,2. Granuliuotas superfosfatas – 19,8% P₂O₅ ir kalio chloridas – 58% K₂O berti prieš paskutinį dirvos kultivavimą. Amonio salietra – 34,5% N buvo tręšta prieš vasarinių rapsų sėją, augalams turint 4–5 lapus ir žydėjimo pradžioje. Fosforo norma buvo 90, kalio – 120 kg/ha. Azoto norma kito nuo 0 iki 240 kg/ha, didinant po 60 kg/ha. Priešsėlis visais tyrimų metais – daugiamečių varpinės žolės.

Prieš sėją dirva ruošta germinatoriumi. Vasariniai rapsai 'Star' sėti sėjama „Saxonia“ 12,5 cm tarpueiliais išberiant 4, 7 ir 10 kg/ha sėklų. Bandymai įrengti trimis pakartojimais. Sėklos normų fo-

nai, pakartojimai ir laukeliai juose išdėstyti rendomizuotai. Priklausomai nuo meteorologinių sąlygų vasariniai rapsai sėti balandžio pabaigoje – gegužės pradžioje.

Prieš įrengiant bandymą imti jungtiniai pakartojimų dirvožemio mėginiai atliekant 10 gražto dūrių dviejuose gyliuose – 0–25 ir 25–50 cm. Dirvožemio mėginiuose nustatyta: bendrasis azotas – Kjeldalio metodu; N_{min} – Bremerio metodu; pH_(KCl) – potenciometriškai; judrieji P₂O₅ ir K₂O – A–L metodu; siera – nefeliorimetriškai; humusas – Tiurino metodu.

Vasariniams rapsams pasiekus 4–5 lapų vystymosi tarpsnį, žydėjimo pradžioje ir pabaigoje bei sėklų brendimo tarpsnyje iš kiekvieno laukelio imti augalų bandiniai cheminėms analizėms atlikti. Azoto, fosforo ir kalio kiekiai nustatyti ir rapsų sėklose, ir šiauduose. Jungtiniuose pakartojimų bandiniuose nustatyti šių maisto medžiagų kiekiai: bendrasis azotas – Kjeldalio metodu, bendrasis fosforas – kolorimetriškai, bendrasis kalis – liepsnos fotometru.

Vasarinių rapsų sėklų derlius priklausomai nuo meteorologinių sąlygų nuimtas rugpjūčio pabaigoje–rugsėjo pradžioje mažagabaritiniu kombainu „Sampo-500“. Derlių nuimant, iš kiekvieno laukelio paimiti sėklų bandiniai sausųjų medžiagų kiekiui nustatyti. Derlius pasvertas ir perskaiciuotas (t/ha) esant 8,5% drėgnumui.

Tyrimų metais meteorologinės sąlygos labai plačiai įvairavo. Joms apibūdinti naudoti Dotnuvos agrometeorologijos stoties, nutolusios nuo bandymo vykdymo vietos per 0,5 km, duomenys.

1993 m. sausas su 3°C aukštesne už daugiamečių vidutinę paros oro temperatūrą laikotarpis balandžio–gegužės mėn. stabdė vasarinių rapsų augimą ir vystymąsi. Balandį–lapkritį vidutinė oro temperatūra buvo 1–6°C žemesnė už daugiamečių vidurkį. Kritulių kiekis, birželį–rugsėį 1,9–61,1% didesnis už daugiamečių vidurkį, stabdė vasarinių rapsų brendimą ir trukdė žieminių rapsų sėjai.

1994 m. po sauso ir šalto pavasario birželį–rugsėį buvo 1–4°C šilčiau ir sausiau, negu įprasta. Liepą kritulių iš viso nebuvo, o birželį ir rugpjūtį išlijo atitinkamai 82,5 ir 66,2% daugiamečių normos. Vyraujant karštam ir sausam orui, vasariniai rapsai subrendo rugpjūčio pirmoje pusėje, o drėgmės trūkumas dirvoje trukdė sudygti žieminių rapsų sėkloms.

1995 m. pavasarį ir vasarą vyravo 1–2°C šiltesni nei įprasta orai. Rugpjūtį ir rugsėį vidutinė paros oro temperatūra buvo lygi daugiamečių vidurkiui. Spalis pasitaikė neįprastai šiltas. Kritulių kiekis kovą–gegužę buvo 48,1–103,8% didesnis už daugiamečių vidurkį. Tačiau birželį–lapkritį vyravo sausi orai.

1996 m. vidutinė paros oro temperatūra sausą kovą buvo net 3–4°C žemesnė už daugiamečių vidurkį. Todėl nors balandį bei gegužę ir vyravo šiltesni nei įprasta orai, po ilgos ir speiguotos žiemos dir-

vos, vis palaistomos lietaus, džiuvo ir šilo labai lėtai. Birželį ir liepą vidutinė oro temperatūra buvo 1–2°C žemesnė už normą. Kritulių kiekis gegužė–liepą buvo užfiksuotas labai artimas daugiamečiui vidurkiui. Tačiau rugpjūtį–spalį išlijo tik 20,2–79,6% mėnesinės kritulių normos.

1997 m. vyravo 0,1–5,0°C šiltesni nei įprasta orai. Lietingas pasitaikė birželis. Išlijo net 149,2% mėnesio normos. Tačiau kritulių kiekis liepą ir rugpjūtį tesudarė atitinkamai 30,6 ir 55,4% mėnesio normos.

Bandymų duomenys analizuoti taikant dispersinės analizės, koreliacijos ir regresijos metodus. Bandymo duomenų statistinis patikimumas įvertintas mažiausia esminio skirtumo absoliutine riba R_{05} arba R_{01} . Duomenų su skirtingais požymiais ryšiams nustatyti naudotos regresijos lygtys: $y = a + bx$; $y = a + bx + bx^2$; $y = a + blnx$; $y = a + bx_1 + \dots + nx_m$. Statistinė duomenų analizė atlikta kompiuterine programa „Statistica“. Darbe vartoti simboliai: * – 95% ir ** – 99% tikimybės lygis, $x_n \pm Sx_n$ – vidurkio paklaida.

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Tyrimų vykdymo metais meteorologiniai rodikliai vasarinių rapsų vegetacijos metu labai įvairavo. Dideli jų svyravimai buvo pastebėti ir tarpusavyje lyginant pagrindinius vasarinių rapsų vystymosi tarpsnius. Priklausomai nuo metų sąlygų vasariniai rapsai 4–5 lapų tarpsnį pasiekdavo per 24–31 kalendorinę dieną. Žydėti vasariniai rapsai pradėdavo nuo sėjos praėjus 37–45 kalendorinėms dienoms. Žydėjimo pabaiga anksčiausiai užfiksuota 1994 m. nuo sėjos praėjus 62 kalendorinėms dienoms. Vėliausiai vasariniai rapsai žydėti baigė 1996 m., nuo sėjos praėjus 72 kalendorinėms dienoms. Dar didesni svyravimai išryškėjo analizuojant kritulių pasiskirstymą tyrimų metais pagal augalų vystymosi tarpsnius. Nuo sėjos iki 4–5 lapų tarpsnio kai kuriais metais iškrisdavo 27,7–105,2 mm kritulių. Iki žydėjimo pradžios kritulių kiekis kito nuo 47,4 iki 141,9 mm. Kritulių kiekis iki žydėjimo pabaigos kito nuo 85,2 iki 174,9 mm. Vidutinė paros oro temperatūra nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio kai kuriais metais pakildavo nuo 13,8 iki 19,3°C. Nuo rapsų sėjos iki žydėjimo pradžios ar pabaigos vidutinė paros oro temperatūra kito atitinkamai nuo 13,3 iki 19,5 ir nuo 14,6 iki 19,8°C.

Ištyrus kalio koncentraciją vasariniuose rapsuose skirtingais jų vystymosi tarpsniais bei subrendusiose sėklose ir šiauduose, išryškėjo dideli jos pokyčiai. Statistinė duomenų analizė rodo, kad 4–5 lapų tarpsnio augalų kalio koncentracijos variacija ($V = 20,16\%$) buvo didžiausia. Augalams augant, kalio koncentracijos variacija nuosekliai mažėjo, tačiau nepaisant to, net ir vegetacijos pabaigoje išliko gana

didelė. Žydėjimo pradžioje kalio koncentracijos variacija augaluose buvo 17,6%, žydėjimo pabaigoje – 14,03, o sėklų brandimo tarpsnyje – 12,6%. Subrendusiose sėklose kalio koncentracijos variacija buvo 7,95, tačiau šiauduose – net 33,9%. Vadinas, ne vien augalo amžius ar jo išsivystymo laipsnis bandymuose turėjo įtakos kalio koncentracijai augale vegetacijos metu bei subrandintame derliuje. Žinoma, kad kalio koncentracijai rapsuose įtakos, be augalo amžiaus [14], gali turėti ir kalio kiekis dirvožemyje [3], tręšimo azoto bei kalio trąšomis ypatumai [5], kiti aplinkos ir agrotechniniai veiksniai. Tikėtina, kad kalio koncentracijai augaluose skirtingais jų vystymosi tarpsniais įtakos gali turėti ir meteorologinės augimo sąlygos bei meteorologinių veiksnių tarpusavio sąveika, dėl kurios poveikio bandymuose išryškėjo didelis kalio koncentracijos įvairavimas vasarinių rapsų augaluose. Be to, tikėtina, kad kalio koncentracija augaluose ar jų derliuje gali kisti priklausomai ir nuo tam tikrų augalų vystymosi tarpsnių ar viso vegetacijos periodo ypatumų, įskaitant ir kalendorinę jo trukmę. Statistinė duomenų analizė rodo, kad kalendorinių dienų skaičius nuo sėjos iki 4–5 lapų tarpsnio bandymuose 2,1–78,9% lėmė kalio koncentracijos augaluose jiems turint 4–5 lapus, žydėjimo pradžioje ir pabaigoje, sėklų brandimo tarpsnyje, taip pat subrendusiose sėklose ir šiauduose pokyčių (1 lentelė). Tyrimų vykdymo metais vasarinių rapsų augimas ir vystymasis nuo sėjos iki 4–5 lapų tarpsnio tęsdavosi vidutiniškai $26,8 \pm 2,77$ kalendorinės dienos. Minėto vystymosi tarpsnio kalendorinė trukmė 40,3% lėmė kalio koncentracijos pokyčius augaluose jiems turint 4–5 lapus. Kalendorinės trukmės įtaka kalio koncentracijai augaluose jiems pradėdant žydėti ar žydėjimo pabaigoje labai sumažėjo (atitinkamai vos 4,05–2,11%). Tačiau pradėjus bręsti sėkloms kalendorinių dienų skaičiaus nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio svarba kalio koncentracijai augaluose gerokai padidėjo (40,0%). Minėto vystymosi tarpsnio kalendorinės trukmės įtaka dar labiau padidėjo sėkloms subrendus, ir tai lėmė 78,9% kalio koncentracijos pokyčių subrendusiose sėklose. Tuo tarpu kalio koncentracijai šiauduose minėtas veiksnys pastebimesnės įtakos neturėjo. Vadinas, kalendorinė vasarinių rapsų vystymosi trukmė iki 4–5 lapų tarpsnio didžiausią įtaką turėjo kalio koncentracijai augaluose jiems turint 4–5 lapus, taip pat sėkloms bręstant bei subrendusiose sėklose. Tikėtina, kad rapsų žydėjimo tarpsnyje kalendorinių dienų skaičiaus įtaka kalio koncentracijai augaluose sumažėjo dėl esminių fiziologinių pokyčių, vykstančių augaluose žydėjimo metu ir pasireiškiančių sparčiu vegetatyvinės masės augimu, sunykusių lapų skaičiaus didėjimu, intensyviais kalio reutilizacijos procesais, ankštųjų užsimezgimu bei ankstyvu sėklų formavimusi. Labai panašios tendencijos buvo pastebėtos

1 lentelė. Kalio koncentracijos (y K%) vasariniuose rapsuose ryšys su kalendorinių dienų skaičiumi (x vnt.) skirtingais augalų augimo ir vystymosi tarpsniais 1993–1997 m.

Rodiklis	Regresijos lygtis	R_{05}	$x_{\text{ekstrem.}}$
Kalendorinių dienų skaičius nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio			
$x \pm Sx = 26,8 \pm 2,77$			
4–5 lapai	$y = 54,2108 - 3,3545x + 0,05671x^2$	0,635	29,6
Žydėjimo pradžia	$y = 26,491 - 1,573x - 0,0281x^2$	0,201	28,0
Žydėjimo pabaiga	$y = 2,708 - 0,0506x + 0,00121x^2$	0,145	20,9
Sėklų brendimas	$y = 16,6448x - 1,047x + 0,0183x^2$	0,633	28,6
Sėklos	$y = 4,223 - 0,222x - 0,0036x^2$	0,889	30,8
Šiaudai	$y = 3,274 - 0,169x + 0,0039x^2$	0,254	21,7
Kalendorinių dienų skaičius nuo sėjos iki žydėjimo pradžios			
$x \pm Sx = 42,2 \pm 3,03$			
Žydėjimo pradžia	$y = 177,423 - 8,5067x + 0,142x^2$	0,789	40,8
Žydėjimo pabaiga	$y = 27,716 - 1,307x + 0,0166x^2$	0,511	39,4
Sėklų brendimas	$y = 57,33 - 2,774x + 0,0344x^2$	0,964*	40,3
Sėklos	$y = 16,361 - 0,761x + 0,0093x^2$	0,818	40,9
Šiaudai	$y = -85,689 + 4,379x - 0,0545x^2$	0,665	40,2
Kalendorinių dienų skaičius nuo sėjos iki žydėjimo pabaigos			
$x \pm Sx = 65,4 \pm 4,56$			
Žydėjimo pabaiga	$y = 6,386 - 0,1578x + 0,0014x^2$	0,485	56,4
Sėklų brendimas	$y = 23,834 - 0,705x + 0,0056x^2$	0,883	62,9
Sėklos	$y = 9,733 - 0,272x + 0,0021x^2$	0,501	64,8
Šiaudai	$y = -44,439 + 1,448x - 0,0113x^2$	0,551	64,1
Kalendorinių dienų skaičius nuo sėjos iki sėklų brendimo tarpsnio			
$x \pm Sx = 99,4 \pm 6,99$			
Sėklų brendimas	$y = 43,133 - 0,8583x + 0,0044x^2$	0,806	97,5
Sėklos	$y = -4,5799 + 0,1067x - 0,00052x^2$	0,527	102,6
Šiaudai	$y = -137,006 + 2,8196x - 0,0143x^2$	0,894	98,6
Kalendorinių dienų skaičius per vegetaciją			
$x \pm Sx = 110,8 \pm 8,93$			
Sėklos	$y = -13,436 + 0,2557x - 0,00113x^2$	0,960*	113,1
Šiaudai	$y = -2,2572 + 0,0559x - 0,00019x^2$	0,220	147,1

ir analizuojant kalio koncentracijos priklausomumą rapsų žydėjimo pradžioje ir pabaigoje nuo kalendorinių dienų skaičiaus po sėjos iki žydėjimo pradžios ar pabaigos. Abiem atvejais kalendorinė periodo trukmė silpniausiai įtaką kalio koncentracijai augaluose turėjo būtent jiems pradendant ar baigiant žydėti. Tuo tarpu kalendorinių dienų skaičius po sėjos iki žydėjimo pradžios net 92,8% sąlygojo kalio koncentracijos pokyčius sėklų brendimo tarpsnyje. Minėto periodo kalendorinė trukmė turėjo įtakos ir kalio koncentracijai subrendusiose sėklose ($R = 0,669$) bei šiauduose ($R = 0,442$). Kalendorinių dienų skaičius po sėjos iki žydėjimo pabaigos labiausiai veikė kalio koncentraciją augaluose sėklų brendimo metu ($R = 0,779$). Tuo tarpu minėto periodo kalendorinės trukmės įtaka kalio koncentracijai augaluose žydėjimo pabaigoje bei subrendusiose sėklose ir šiauduose buvo nedidelė – vidutiniškai 23,5–30,4%.

Kalendorinių dienų skaičius po sėjos iki sėklų brendimo tarpsnio didžiausią įtaką turėjo kalio koncentracijai šiauduose ($R = 0,799$) bei augaluose sėklos bręstant ($R = 0,649$). Tuo tarpu minėto periodo kalendorinės trukmės įtaka kalio koncentracijai sėklose tesiekė 27,7%.

Taigi vasarinių rapsų atskirų vystymosi tarpsnių kalendorinė trukmė veikė kalio koncentraciją augaluose vegetacijos metu bei subrendusiose sėklose ir šiauduose. Tačiau augalų augimas ir vystymasis priklauso ne vien nuo kalendorinės periodo ar vegetacijos trukmės. Tam įtakos turi ir kiti veiksniai, tokie kaip kritulių kiekis ar vidutinė paros oro temperatūra kai kuriais augalų vystymosi tarpsniais ar per visą vegetaciją. Daugianarės regresijos metodu apibendrinus sukauptus duomenis, paaiškėjo, kad kalendorinės periodo trukmės ir kritulių kiekio tarpusavio sąveika tam tikrais vasarinių rapsų vystymosi tarpsniais ar per visą vegetaciją gali turėti įtakos kalio koncentracijai augaluose vegetacijos metu bei sėklų ir šiaudų derliuje (2 lentelė). Vidutinės paros oro temperatūros, kalendorinių dienų skaičiaus bei kiekio kritulių, iš-

kritusių po sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio, sąveika 51,4–99,9% sąlygojo kalio koncentracijos pokyčius augaluose jiems turint 4–5 lapus, žydėjimo pradžioje bei pabaigoje ir bręstant sėklos. Tačiau statistiškai patikimas minėtų veiksnių sąveikos efektas kalio koncentracijai augaluose išryškėjo tik jiems esant 4–5 lapų vystymosi tarpsnio. Silpniausia minėtų veiksnių sąveikos įtaka kalio koncentracijai augaluose buvo nustatyta augalams bebaigiant žydėti ($R = 0,72$). Vidutinės paros oro temperatūros, kritulių kiekio bei kalendorinių dienų skaičiaus po sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio sąveika 87,2% sąlygojo kalio koncentracijos pokyčius subrendusiose sėklose bei 49,9% šiauduose.

Analizės eigoje išryškėjo, kad vidutinės paros oro temperatūros per laikotarpį nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio sąveika su kritulių kiekiu ir kalendorine periodo trukme turėjo teigiamą įtaką ka-

lio koncentracijai vasariniuose rapsuose vegetacijos metu bei subrendusiose sėklose. Tuo tarpu didėjančias kritulių kiekis per tą patį laikotarpį turėjo tendenciją mažinti kalio koncentraciją augaluose ir sėklose. Tikėtina, kad didėjant kritulių kiekiui nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio vasariniams rapsams susidaro palankios sąlygos vegetatyvinei masei auginti, o tai ir lemia mažesnę kalio koncentraciją augaluose. Tačiau tyrimų eigoje didėjant vidutinei paros oro temperatūrai vasariniai rapsai vystėsi sparčiau, jų vegetatyvinė masė buvo mažesnė, o tai galėjo lemti didesnę kalio koncentraciją augaluose.

Kalio koncentracija šiauduose mažėjo didėjant vidutinei paros oro temperatūrai bei didėjo po sėjos iki 4–5 lapų tarpsnio iškritus daugiau kritulių. Kalendorinių dienų skaičiaus po sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio, oro temperatūros ir kritulių kiekio įtaka kalio koncentracijai augaluose ir jų derliuje buvo nevienareikšmė. Ilgėjant vasarinių rapsų vystymosi periodo iki 4–5 lapų kalendorinei trukmei, didėjo kalio koncentracija augaluose žydėjimo pradžioje bei pabaigoje ir šiauduose. Tuo tarpu kalio koncentracija 4–5 lapų tarpsnio augaluose sėklų brendimo metu bei subrendusiose sėklose turėjo tendenciją mažėti.

Kalendorinių dienų skaičiaus po sėjos iki žydėjimo pradžios, kritulių kiekio bei vidutinės oro temperatūros tarpusavio sąveikos efekto analizė rodo, kad didėjantis kritulių kiekis per minėtą laikotarpį taip pat turėjo tendenciją mažinti kalio koncentraciją augaluose bei jų derliuje (2 lentelė). Tuo tarpu didėjant vidutinei paros oro temperatūrai bei ilgėjant periodo nuo sėjos iki žydėjimo pradžios kalendorinei trukmei, kalio koncentracija augaluose bei sėklų ir šiaudų derliuje turėjo tendenciją didėti. Išimtis minėtiems dėsningumams buvo pastebėta augalams bebaigiant žydėti, kada visi trys tirti veiksniai turėjo neigiamą įtaką kalio koncentracijai augaluose.

Meteorologinių veiksnių per laikotarpį nuo sėjos iki žydėjimo pabaigos sąveika išryškino, kad kalio koncentracija augaluose baigiant žydėti bei bręstant sėkloms, taip pat subrendusiose sėklose didėjo kylant vidutinei paros oro temperatūrai, didėjant kritulių kiekiui bei ilgėjant kalendorinei periodo trukmei (2 lentelė). Išimtyms pasireiškė, kada didėjantis kritulių kiekis su kitais tirtais veiksniais turėjo tendenciją mažinti kalio koncentraciją bebaigiančiuose žydėti augaluose bei kada kylant vidutinei paros oro temperatūrai mažėjo kalio koncentracija subrendusiose sėklose. Tyrimai rodo, kad kalį rapsai sparčiausiai pasisavina bei daugiausiai jo sukaupia žydėjimo pabaigoje [1, 5]. Todėl tikėtina, kad ilgėjant periodo nuo sėjos iki žydėjimo pabaigos kalendorinei trukmei, esant aukštesnei negu vidutinė paros oro temperatūrai, ypač didėjant kritulių kiekiui, už-

tikrinančiam palankų augalams drėgmės režimą dirvoje, rapsams susidaro palankesnės sąlygos didesniais kiekiais ir ilgesnį laiką pasisavinti jiems prieinamą trąšų bei dirvožemio kalį. Todėl ši prielaida bent iš dalies gali paaiškinti kalio koncentracijos augaluose kitimo dėsningumus priklausomai nuo minėtų meteorologinių veiksnių sąveikos efekto per laikotarpį nuo sėjos iki žydėjimo pabaigos.

Dėl ilgėjančios kalendorinės periodo nuo sėjos iki sėklų brendimo tarpsnio trukmės vidutinės paros oro temperatūros ir kritulių kiekio sąveikos kalio koncentracija augaluose ir subrendusiose sėklose turėjo tendenciją didėti (2 lentelė). Tuo tarpu didėjant kritulių kiekiui bei kylant vidutinei paros oro temperatūrai kalio koncentracija augaluose sėkloms bręstant bei subrendusiose sėklose turėjo tendenciją mažėti. Vasarinių rapsų šiauduose buvo nustatytos priešingos kalio koncentracijos kitimo tendencijos priklausomai nuo tirtų veiksnių sąveikos efekto.

Tirtų vasarinių rapsų augimo ir vystymosi sąlygomis, ilgėjant vegetacijos periodui, kylant vidutinei paros oro temperatūrai bei didėjant kritulių kiekiui per vegetaciją, kalio koncentracija sėklose dėl minėtų veiksnių tarpusavio sąveikos efekto turėjo tendenciją mažėti. Tuo tarpu kalio koncentracija šiauduose turėjo tendenciją mažėti ilgėjant vegetacijos periodui bei kylant vidutinei paros oro temperatūrai. Didėjantis kritulių kiekis ir minėti veiksniai turėjo tendenciją didinti kalio koncentraciją šiauduose.

Taigi daugianarė regresinė duomenų analizė rodo, kad kalendorinių dienų skaičius, vidutinė paros oro temperatūra ir kritulių kiekis tam tikrais vasarinių rapsų vystymosi tarpsniais ar per visą vegetaciją bei šių veiksnių tarpusavio sąveika gali labai sąlygoti kalio koncentracijos kitimą augaluose vegetacijos metu, taip pat subrendusiose sėklose ir šiauduose. Tačiau tyrimuose gautų tendencijų tikslumui padidinti bei gautų rezultatų išsamesnei analizei reikalingi tolimesni tyrimai išplečiant analizuojamų parametru spektrą, ypač apimant kontrastingesnes tam tikrų metų meteorologines vasarinių rapsų augimo ir vystymosi sąlygas. Tai įgalintų statistiškai išsamiau išanalizuoti kalio koncentracijos kitimo vasariniuose rapsuose priklausomumą nuo meteorologinių veiksnių bei jų tarpusavio sąveikos efekto.

Koreliacinė-regresinė duomenų analizė rodo, kad vegetacijos periodo kalendorinė trukmė, iškritusių per vegetaciją kritulių kiekis, vidutinė vegetacijos periodo oro temperatūra bei per visą vegetaciją augalų sukaupta aktyvių temperatūrų suma 46,4–92,2% tyrimuose sąlygojo kalio koncentracijos kitimą vasarinių rapsų sėklose (1 pav). Paaiškėjo, kad vegetacijos periodui ilgėjant iki 112,5 kalendorinės dienos kalio koncentracija subrendusiose sėklose didėjo. Tačiau vasarinių rapsų vegetacijai užsitęsus daugiau nei 112,5 kalendorinės dienos, kalio koncentracija sėk-

2 lentelė. Kalio koncentracijos (y K%) vasariniuose rapsuose ryšys su kalendorinių dienų skaičiumi (d vnt), kritulių kiekiu (k mm) ir vidutine paros oro temperatūra (t °C) skirtingais augalų augimo ir vystymosi tarpniais 1993–1997 m.

Rodiklis	Regresijos lygtis	R ₀₅
Nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio		
$d \pm Sd = 26,8 \pm 2,8; k \pm Sk = 62,9 \pm 29,8; t \pm St = 16,2 \pm 2,3$		
4–5 lapai	$y = -4,554 - 0,00492d - 0,03331k + 0,751t$	0,99*
Žydėjimo pradžia	$y = -8,0025 + 0,1549d - 0,03133k + 0,649t$	0,96
Žydėjimo pabaiga	$y = 1,166 + 0,00253d - 0,01199k + 0,108t$	0,72
Sėklų brendimas	$y = 1,0804 - 0,02791d - 0,01067k + 0,134t$	0,98
Sėklos	$y = 0,913 - 0,01241d - 0,000518k + 0,022t$	0,93
Šiaudai	$y = 2,728 + 0,04636d + 0,01964k - 0,221t$	0,71
Nuo sėjos iki žydėjimo pradžios		
$d \pm Sd = 42,2 \pm 3,0; k \pm Sk = 103,3 \pm 38,6; t \pm St = 15,2 \pm 2,6$		
Žydėjimo pradžia	$y = -34,049 + 0,6224d - 0,0363k + 1,071t$	0,58
Žydėjimo pabaiga	$y = 6,0803 - 0,0494d - 0,000392k - 0,114t$	0,59
Sėklų brendimas	$y = -11,771 + 0,2298d - 0,0079k + 0,312t$	0,60
Sėklos	$y = -3,991 + 0,0783d - 0,00183k + 0,118t$	0,98
Šiaudai	$y = 0,261 + 0,00697d - 0,00143k + 0,079t$	0,28
Nuo sėjos iki žydėjimo pabaigos		
$d \pm Sd = 65,4 \pm 4,6; k \pm Sk = 135,5 \pm 45,4; t \pm St = 17,2 \pm 2,1$		
Žydėjimo pabaiga	$y = -8,439 + 0,1187d - 0,00409k + 0,202t$	0,99*
Sėklų brendimas	$y = -5,253 + 0,0797d + 0,00096k + 0,102t$	0,99*
Sėklos	$y = 0,569 + 0,00217d + 0,00152k - 0,001t$	0,99*
Šiaudai	$y = 23,153 - 0,2248d + 0,00255k - 0,418t$	0,99*
Nuo sėjos iki sėklų brendimo tarpsnio		
$d \pm Sd = 99,4 \pm 6,7; k \pm Sk = 206,2 \pm 86,9; t \pm St = 17,6 \pm 2,7$		
Sėklų brendimas	$y = -0,623 + 0,0483d - 0,0049k - 0,075t$	0,96
Sėklos	$y = 0,334 + 0,0118d - 0,00114k - 0,021t$	0,75
Šiaudai	$y = 3,883 - 0,0699d + 0,01105k + 0,137t$	0,85
Per vegetaciją		
$d \pm Sd = 110,8 \pm 8,9; k \pm Sk = 223,3 \pm 84,9; t \pm St = 16,3 \pm 2,1$		
Sėklos	$y = 2,394 - 0,00039d - 0,00151k - 0,068t$	0,99*
Šiaudai	$y = 11,048 - 0,1009d + 0,012k - 0,057t$	0,88

lose imdavo mažėti. Šias kalio koncentracijos vasarinių rapsų sėklose kitimo tendencijas geriausiai aprašė antro laipsnio regresijos lygtis, o koreliacijos koeficientas ($R = 0,922$) rodo, kad šiuo atveju net 92,2% kalio koncentracijos vasarinių rapsų sėklose variacijas galima paaiškinti vegetacijos trukmės kalendorine išraiška.

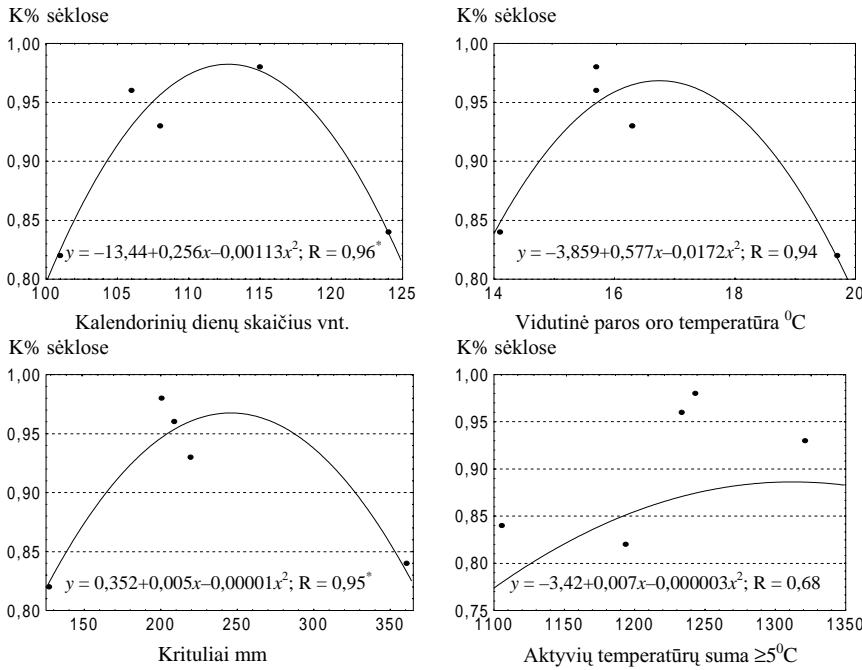
Pobūdžiu bei matematine išraiška labai artima kalio koncentracijos vasarinių rapsų sėklose tendencija išryškėjo ir analizuojant minėto rodiklio priklausomumą nuo kiekio kritulių, iškritusių per visą vegetacijos periodą (1 pav.). Statistinė analizė rodo, kad šiuo atveju faktinį tyrimo rezultatų taškų išsibarstymą geriausiai atitiko kvadratinės regresijos lygties kreivė. Matematinės išraiškos kalio koncentracijos vasarinių rapsų sėklose kitimo tendencija akivaizdžiai rodo, kad daugiausiai kalio sėklose buvo rasta esant nei labai sausam, nei labai lietingam ve-

getacijos periodui. Kritulių kiekiui didėjant iki 245,7 mm per vegetaciją didėjo ir kalio koncentracija vasarinių rapsų sėklose. Tačiau esant didesnei vegetacijos metu iškritusių kritulių sumai, kalio koncentracija sėklose imdavo mažėti. Apskaičiuotas koreliacijos koeficientas ($R = 0,948$) rodo, kad remiantis suminio kritulių kiekiu per vegetaciją rodikliu galima paaiškinti 89,9% kalio koncentracijos pokyčių vasarinių rapsų sėklose.

Tyrimuose išryškėjo, kad kalio koncentracija subrendusiose vasarinių rapsų sėklose priklausė ir nuo vidutinės vegetacijos periodo oro temperatūros (1 pav.). Statistinės duomenų analizės metu išryškėjo, kad vyraujant vidutiniškai šaltam arba, atvirkščiai, vidutiniškai šiltam vegetacijos periodui, kalio koncentracija sėklose turėdavo tendenciją mažėti. Tuo tarpu vidutinei vegetacijos periodo oro temperatūrai kintant nuo 15,7 iki 16,3°C, subrendusiose sėklose buvo nustatyta didžiausia kalio koncentracija. Šias kalio koncentracijos kitimo tendencijas vasarinių rapsų sėklose priklausomai nuo vegetacijos periodo vidutinės paros oro temperatūros tiksliausiai išreiškė antro laipsnio regresijos lygties kreivė.

Paaiškėjo, kad vyrausiomis sąlygomis 88,8% kalio koncentracijos vasarinių rapsų sėklose variacijos galima paaiškinti vegetacijos periodo vidutinės paros oro temperatūros pokyčiais.

Tuo tarpu buvo nustatytas kalio koncentracijos vasarinių rapsų sėklose ir vegetacijos periodu augalų sukauptos aktyvių temperatūrų sumos tik vidutinio stiprumo koreliacijos ryšys (1 pav.). Tokią koreliacijos koeficiento išraišką galėjo lemti aktyvių temperatūrų sumos kaip vidutinės paros oro temperatūros ir kalendorinės periodo trukmės išvestinio rodiklio esmė. Vyraujant aukštesnei oro temperatūrai per tą patį kalendorinį periodą augalai sukauptų didesnę aktyvių temperatūrų sumą, aktyvių temperatūrų suma didės ir vyraujant žemesnei oro temperatūrai, bet ilgėjant kalendorinei periodo trukmei. Minėti tirtų veiksmų tarpusavio sąveikos santykio svyravimai matyt ir lėmė didesnę ir mažiau dėsningą



1 pav. Vegetacijos periodo trukmės, kritulių kiekio, vidutinės paros oro temperatūros ir aktyvių temperatūrų sumos įtaka kalio koncentracijai vasarinių rapsų sėklose

faktinių taškų pasisklaidymą, kuris ir atsispindėjo analizuojamų veiksnių koreliacijos ryšio stiprumė.

Tokiu būdu, kalio koncentracija vasarinių rapsų sėklose turėjo tendenciją mažėti kritulių kiekiui, vidutinei paros oro temperatūrai bei kalendorinei vegetacijos periodo trukmei tolstant nuo artimesnių vidutiniams parametru. Tokias kalio koncentracijos vasarinių rapsų sėklose kitimo tendencijas priklausomai nuo meteorologinių augalų augimo sąlygų iš dalies galima paaiškinti remiantis dideliu kalio judrumu augale. Daugiausia kalio augale – apie 80% randama laštelių sultyse. Dėl to, ypač iš senų augalo dalių kalis yra gana lengvai lietaus išplaunamas [18]. Vadinasi, didėjant kritulių kiekiui per vegetaciją, o tai dažniausiai vyksta kartu su žemesne oro temperatūra bei ilgėjančia vegetacijos periodo kalendorine trukme, gali didėti iš augalo išplauto kalio kiekiai. Tai mažina kalio koncentraciją augale, todėl kalio mažiau randama ir subrendusiose sėklose. Gerai kalio aprūpinti augalai yra atsparesni trumpalaikėms sausroms, nes dėl kalio poveikio mažėja augalo išgarinamo vandens kiekis. Tačiau vegetacijos metu pasitaikius ilgalaikiam sausringam periodui, ypač su aukštesne už vidutinę paros oro temperatūra, blogėja augalo maisto medžiagų pasisavinimas įskaitant ir kalį. Augalas džiūsta, trumpėja jo vegetacija bei vėlgi mažėja kalio koncentracija vegetatyvinėje masėje ir subrendusiam derliuje. Todėl tiek šaltas, ilgas ir lietingas, tiek trumpas, karštas bei sausas vegetacijos periodai mažina kalio koncentraciją augale ir jo derliuje.

Dėl nepakankamo analizuojamų veiksnių tarpusavio porų skaičiaus statistiškai patikimai aprašyti pavyko tik kalio koncentracijos vasarinių rapsų sėklose priklausomumą nuo kalendorinės vegetacijos periodo trukmės bei kritulių, iškritusių per vegetaciją, kiekio. Nepaisant to, išryškėjo aiškios kalio koncentracijos subrendusiose vasarinių rapsų sėklose kitimo tendencijos priklausomai ir nuo vidutinės vegetacijos periodo oro temperatūros ar augalų sukauptos aktyvių temperatūrų sumos. Minėtais atvejais koreliacijos koeficientai buvo gauti pakankamai dideli, o vidutinės paros oro temperatūros atveju net ir labai artimas 95% statistinio patikimumo ribai (0,95).

Tuo tarpu tirtų meteorologinių veiksnių ir kalio koncentracijos vasarinių rapsų šiauduose koreliacijos ryšiai buvo nustatyti gerokai silpnesni, palyginus su sėklomis.

Kalendorinė vegetacijos periodo trukmė neturėjo labiau pastebimos įtakos kalio koncentracijai šiauduose. Šių dviejų veiksnių koreliacijos ryšys buvo silpnas ($R = 0,32$) ir statistiškai nepatikimas. Nustatytas kalio koncentracijos šiauduose ir kritulių, iškritusių per vegetaciją, kiekio vidutinio stiprumo koreliacijos ryšys. Ši priklausomumą geriausiai atspindėjo kvadratinė regresijos lygtis: $y = -0,4317 + 0,01458x - 0,000022x^2$; $R = 0,62$. Remiantis pateikta regresijos lygtimi, kalio koncentracija vasarinių rapsų šiauduose turėjo tendenciją didėti didėjant suminiam kritulių kiekiui per vegetaciją iki 336,0 mm. Kritulių iškritus daugiau, kalio koncentracija šiauduose imdavo mažėti. Atliktuose tyrimuose vegetacijos periodo vidutinės paros oro temperatūros ir kalio koncentracijos vasarinių rapsų šiauduose koreliacijos ryšys buvo silpnas ($R = 0,45$) ir statistiškai nepatikimas. Tuo tarpu buvo nustatyta kalio koncentracijos šiauduose ir augalų per vegetaciją sukauptos aktyvių temperatūrų sumos koreliacinė priklausomybė, kurią geriausiai atspindėjo antro laipsnio regresijos lygtis: $y = 113,157 - 0,18585x + 0,000077x^2$; $R = 0,86$.

Tyrimuose išryškėjo, kad kalio koncentracija augaluose vegetacijos metu bei užaugintame derliuje priklausė ir nuo meteorologinių veiksnių bei augalams prieinamo kalio kiekio 0–25 cm dirvožemio sluoksnyje sąveikos (3 lentelė). Didėjant kritulių kiekiui ir iki 4–5 lapų tarpsnio augalų sukauptai aktyvių temperatūrų sumai, kalio koncentracija augaluose vegetacijos

metu turėjo tendenciją mažėti. Išimtis – kalio koncentracijos kitimas augaluose žydėjimo pradžioje ir pabaigoje. Šiais atvejais didėjant aktyvių temperatūrų sumai tendenciją didėti turėjo ir kalio koncentracija augaluose. Remiantis šia bei anksčiau aptartomis išimtimis galima teigti, kad vasarinių rapsų vystymosi periodas nuo žydėjimo pradžios iki pabaigos pasižymi išskirtinumais, lemiančiais kalio, dažnai azoto ir fosforo koncentracijos kitimo augaluose tendencijas priklausomai nuo meteorologinių veiksnių tarpusavio sąveikos efekto, kurį nuodugniau apibūdinti įgalintų tik išsamūs vasarinių rapsų mitybos kelių fiziologiniai tyrimai. Tuo tarpu dirvožemyje didėjantis augalams prieinamo kalio kiekis ir meteorologiniai veiksniai turėjo tendenciją didinti kalio koncentraciją augaluose jiems turint 4–5 lapus, žydėjimo pradžioje bei pabaigoje, sėkloms bręstant ir subrendusiose sėklose.

Didėjant kritulių, iškritusių po sėjos iki žydėjimo pradžios, kiekiui kalio koncentracija vasariniuose rapsuose vegetacijos metu turėjo tendenciją mažėti. Tačiau didėjant augalų sukauptai aktyvių temperatūrų sumai bei kalio kiekiui dirvožemyje, kalio koncentracija augaluose didėjo. Tuo tarpu subrendusiose sėklose ir šiauduose didėjantis kritulių kiekis per periodą po sėjos iki žydėjimo pradžios turėjo teigiamą įtaką kalio koncentracijai, o augalų sukaupta aktyvių temperatūrų suma – neigiamą. Tos pačios priežastys išryškėjo ir analizuojant meteorologinių veiksnių per laikotarpį nuo sėjos iki žydėjimo pabaigos bei kalio kiekio dirvožemyje sąveikos įtaką kalio koncentracijai augaluose žydėjimo pabaigoje, sėkloms bręstant bei derliuje.

Augalams prieinamo kalio kiekio dirvožemyje, augalų sukauptos aktyvių temperatūrų sumos ir kritulių, iškritusių po sėjos iki sėklų brendimo tarpsnio, kiekio tarpusavio sąveika 69,2% lėmė kalio koncentracijos pokyčius augaluose sėkloms bręstant. Subrendusiose sėklose minėtų veiksnių tarpusavio sąveikos efekto įtaka kalio koncentracijai išaugo iki 99,3%. Tuo tarpu vasarinių rapsų šiauduose minėtų veiksnių sąveika lėmė 77,3% pokyčių. Vadinasi,

nuo sėjos iki sėklų brendimo tarpsnio vyravusių meteorologinių augimo sąlygų ir kalio kiekio dirvožemyje tarpusavio sąveika gali turėti didelę įtaką kalio koncentracijai augaluose, jų sėklose ir šiauduose. Kritulių kiekio bei per visą vegetacijos periodą augalų sukauptos aktyvių temperatūrų sumos ir kalio kiekio dirvožemyje sąveika 99,9% lėmė kalio koncentraciją subrendusiose sėklose ir 90,6% – šiauduose. Pažymėtina, kad visais nagrinėtais vasarinių rapsų vystymosi tarpsniais kalio koncentracija šiauduose turėjo tendenciją mažėti didėjant augalams prieinamo kalio kiekiui 0–25 cm dirvožemio sluoksnyje. Tai gali būti aiškinama vyravusiomis palankiomis augalams vegetatyvinei masei auginti sąlygomis, todėl net ir esant geram augalų aprūpinimui maisto medžiagomis, jų koncentracija augaluose mažėjo dėl didėjančios vegetatyvinės masės.

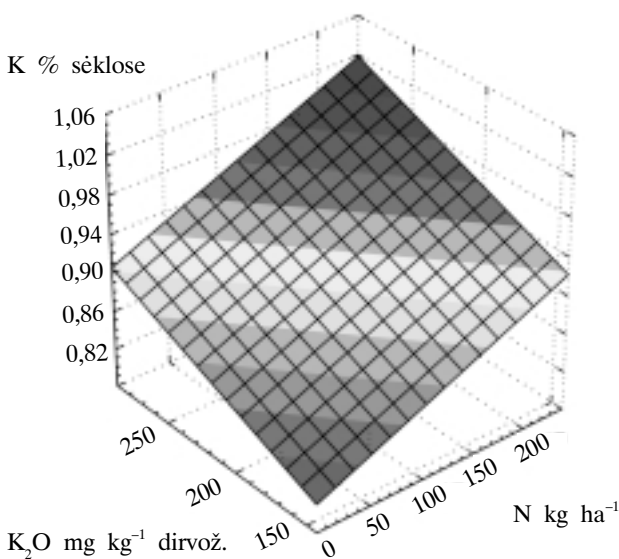
3 lentelė. Kalio koncentracijos (y K%) vasariniuose rapsuose ryšys su kritulių kiekiu (k mm), aktyvių temperatūrų suma ($a \geq 5^\circ\text{C}$) ir augalams prieinamo kalio kiekiu 0–25 cm dirvožemio sluoksnyje (g mg kg^{-1} dirvož.) skirtingais augalų augimo ir vystymosi tarpsniais 1993–1997 m.

Rodiklis	Regresijos lygtis	R_{05}
Nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio		
$k \pm Sk = 62,9 \pm 29,8$; $a \pm Sa = 209,9 \pm 19,1$; $g \pm Sg = 204,0 \pm 69,9$		
4–5 lapai	$y = 3,279 - 0,0025k - 0,0057a + 0,017g$	0,99*
Žydėjimo pradžia	$y = -0,836 - 0,0059k + 0,0204a + 0,008g$	0,99*
Žydėjimo pabaiga	$y = 1,297 - 0,0064k + 0,0051a + 0,001g$	0,75
Sėklų brendimas	$y = 2,049 - 0,0045k - 0,0034a + 0,004g$	0,95
Sėklos	$y = 1,155 + 0,00044k - 0,0023a + 0,001g$	0,99*
Šiaudai	$y = 2,649 + 0,0076k - 0,0025a - 0,005g$	0,67
Nuo sėjos iki žydėjimo pradžios		
$k \pm Sk = 103,3 \pm 38,6$; $a \pm Sa = 353,4 \pm 53,6$; $g \pm Sg = 204,0 \pm 69,9$		
Žydėjimo pradžia	$y = 3,044 - 0,0125k + 0,0019a + 0,011g$	0,97
Žydėjimo pabaiga	$y = 0,879 - 0,0124k + 0,0078a - 0,001g$	0,92
Sėklų brendimas	$y = 0,479 - 0,0059k + 0,0048a + 0,001g$	0,99*
Sėklos	$y = 0,677 + 0,0011k - 0,00003a + 0,001g$	0,94
Šiaudai	$y = 4,989 + 0,0183k - 0,0145a - 0,00001g$	0,91
Nuo sėjos iki žydėjimo pabaigos		
$k \pm Sk = 135,5 \pm 45,4$; $a \pm Sa = 606,2 \pm 126,9$; $g \pm Sg = 204,0 \pm 69,9$		
Žydėjimo pabaiga	$y = 1,782 - 0,0104k + 0,0017a + 0,004g$	0,91
Sėklų brendimas	$y = 1,212 - 0,0023k + 0,0004a + 0,003g$	0,85
Sėklos	$y = 0,701 + 0,0015k - 0,00006a + 0,0002g$	0,99*
Šiaudai	$y = 3,364 + 0,0156k - 0,0039a - 0,007g$	0,92
Nuo sėjos iki sėklų brendimo tarpsnio		
$k \pm Sk = 206,2 \pm 86,9$; $a \pm Sa = 1062,8 \pm 135,4$; $g \pm Sg = 204,0 \pm 69,9$		
Sėklų brendimas	$y = 1,547 - 0,0004k - 0,00017a + 0,003g$	0,83
Sėklos	$y = 0,375 + 0,00014k + 0,00037a + 0,001g$	0,99*
Šiaudai	$y = -0,061 + 0,0042k + 0,0018a - 0,005g$	0,88
Per vegetaciją		
$k \pm Sk = 223,3 \pm 84,9$; $a \pm Sa = 1219,4 \pm 78,7$; $g \pm Sg = 204,0 \pm 69,9$		
Sėklos	$y = -0,159 + 0,0003k + 0,00069a + 0,001g$	0,99*
Šiaudai	$y = -4,31 + 0,0055k + 0,0045a - 0,004g$	0,91

4 lentelė. Kalio koncentracijos (y K%) vasariniuose rapsuose ryšys su azoto trąšų norma (n kg ha⁻¹) ($120 \pm 94,9$) ir augalams prieinamo kalio kiekiu 0–25 cm dirvožemio sluoksnyje (g mg kg⁻¹ dirvož.) ($204,0 \pm 69,9$) skirtingais augalų vystymosi tarpsniais 1993–1997 m.

Rodiklis	Regresijos lygtis	R ₀₅
4–5 lapai	$y = 2,128 + 0,00064n + 0,0156g$	0,99**
Žydėjimo pradžia	$y = 2,951 - 0,0044n + 0,01122g$	0,98*
Žydėjimo pabaiga	$y = 2,115 - 0,00174n + 0,00159g$	0,57
Sėklų brendimas	$y = 1,299 - 0,00007n + 0,0027g$	0,81
Sėklos	$y = 0,715 + 0,00047n + 0,00066g$	0,98*
Šiaudai	$y = 2,361 + 0,00135n - 0,00444g$	0,57

Atliktuose tyrimuose paaiškėjo, kad kalio koncentracija vasariniuose rapsuose vegetacijos metu bei subrendusiose sėklose ir šiauduose priklauso ir nuo prieinamo kalio kiekio dirvožemyje bei azoto trąšų normų. Šių dviejų veiksnių sąveikos efektu galima paaiškinti 31,9–99,3% kalio koncentracijos pokyčių augaluose ir jų derliuje (4 lentelė). Kalio koncentracijos ryšys su kalio kiekiu dirvožemyje ir azoto trąšų norma parodytas 2 paveiksle. Šioms priklausomybėms matematiškai aprašyti geriausiai tiko pirmo laipsnio daugianarės regresijos lygtis: $y = 0,715162 + 0,0004676n + 0,0006604k$; čia $0 \leq n \leq 240$ – azoto norma kg ha⁻¹, $143 \leq k \leq 289$ – augalams prieinamo kalio kiekis dirvožemyje 0–25 cm sluoksnyje mg kg⁻¹ dirvožemio. Daugianarės koreliacijos koeficientas ($R = 0,98$) buvo gautas statistiškai patikimas esant 95% tikimybės lygiui. Vadinas, minėtų veiksnių tarpusavio sąveikos efektu galima paaiškinti iki 95,1% kalio koncentracijos pokyčių vasarinių rapsų sėklose.



2 pav. Kalio koncentracijos vasarinių rapsų sėklose kitimas priklausomai nuo kalio kiekio dirvožemyje ir azoto trąšų normų

Tokiu būdu, sukaupti tyrimų duomenys bei jų statistinė analizė, panaudojus matematinius modelius, įgalina jau ankstyviausiose vasarinių rapsų vystymosi tarpsniuose pakankamu tikslumu prognozuoti vasarinių rapsų sėklų derlių, remiantis meteorologinių veiksnių, augalams prieinamo kalio kiekio dirvožemio 0–25 cm sluoksnyje bei azoto trąšų normų tarpusavio sąveikos efektu. Vasarinių rapsų sėklų derliui programuoti augalams turint 4–5 lapus siūlomi šie matematiniai modeliai:

$$y_1 = -4,08 + 3,73 \ln(-4,7515 + 0,7544t - 0,0333k), R = 0,99^{**};$$

$$y_2 = -4,08 + 3,73 \ln(-4,55421 - 0,00492d - 0,03331k + 0,75057t), R = 0,99^{**};$$

$$y_3 = -4,08 + 3,73 \ln(3,2795 - 0,002501k - 0,00568a + 0,01698g), R = 0,99^{**};$$

$$y_4 = -4,08 + 3,73 \ln(2,9097 + 0,001232n + 0,017599g - 0,077297t), R = 0,99^{**};$$

$$y_5 = -4,08 + 3,73 \ln(2,20069 + 0,001144n + 0,01597g - 0,00323k), R = 0,99^{**};$$

$$y_6 = -4,08 + 3,73 \ln(3,8394 + 0,01529g - 0,05032d - 0,00343k), R = 0,99^{**},$$

čia $24 \leq d \leq 31$ – kalendorinių dienų po sėjos iki 4–5 lapų tarpsnio skaičius vnt., $27,7 \leq k \leq 105,2$ – kritulių kiekis mm po sėjos iki 4–5 lapų tarpsnio, $13,8 \leq t \leq 19,3$ – vidutinė paros oro temperatūra °C per laikotarpį po sėjos iki 4–5 lapų tarpsnio, $177,3 \leq a \leq 226,0$ – aktyvių temperatūrų suma $\geq 5^\circ\text{C}$ po sėjos iki 4–5 lapų tarpsnio, $142 \leq g \leq 289$ – K₂O kiekis mg kg⁻¹ dirvožemyje 0–25 cm sluoksnyje ir $0 \leq n \leq 240$ – azoto trąšų norma kg ha⁻¹.

Taigi atlikti tyrimai rodo, kad kalio koncentracija vasariniuose rapsuose vegetacijos metu, subrendusiose sėklose ir šiauduose priklauso nuo kalendorinių dienų skaičiaus, augalų sukauptos aktyvių temperatūrų sumos, vidutinės paros oro temperatūros ir kritulių kiekio tarpusavio sąveikos efekto per laikotarpį po sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio, žydėjimo pradžios ir pabaigos, sėklų brendimo tarpsnio bei per visą vegetacijos periodą. Be to, kalio koncentracija augaluose kinta nuo minėtų meteorologinių veiksnių, augalams prieinamo kalio kiekio dirvožemyje 0–25 cm sluoksnyje bei azoto trąšų normų tarpusavio sąveikos efekto. Kalio koncentracijos augaluose kitimo dėsningumą analizės pagrindu parengti matematiniai modeliai įgalina pakankamai tiksliai ir statistiškai patikimai prognozuoti vasarinių rapsų sėklų derlių ankstyviausiose augalų vystymosi tarpsniuose.

IŠVADOS

1. Kalio koncentracija vasariniuose rapsuose kinta priklausomai nuo augalų fiziologinio amžiaus ir išsi-

vystymo laipsnio. Daugiausia (5,50%) kalio augaluose nustatyta 4–5 lapų tarpsnyje, mažiausiai (1,89%) vegetacijos pabaigoje.

2. Didžiausia kalio koncentracija vasarinių rapsų sėklose nustatyta vegetacijos periodui trunkant 112,5 kalendorinės dienos. Vegetacijos periodui ilgėjant arba trumpėjant kalio koncentracija sėklose mažėjo.

3. Kalio koncentracija sėklose didėjo kritulių kiekiui per vegetaciją didėjant iki 245,7 mm. Kritulių iškritus daugiau, kalio koncentracija sėklose mažėjo.

4. Optimali kalio koncentracijai vasarinių rapsų sėklose vidutinė paros oro temperatūra buvo 16,7°C. Jai kylant arba mažėjant kalio koncentracija sėklose mažėjo.

5. Kalendorinių dienų skaičiaus po sėjos iki analizuojamo vystymosi tarpsnio pabaigos kalio koncentracijos pokyčius augaluose vegetacijos metu ir derliuje lėmė iki 92,8%.

6. Kalendorinių dienų skaičiaus, vidutinės paros oro temperatūros ir kritulių kiekio tarpusavio sąveika, priklausomai nuo augalų vystymosi tarpsnio, 33,3–99,9% sąlygojo kalio koncentracijos kitimą augaluose, subrendusiose sėklose ir šiauduose.

7. Augalams prieinamo kalio kiekio 0–25 cm dirvožemio sluoksnyje, aktyvių temperatūrų sumos ir kritulių kiekio tarpusavio sąveika skirtingais augalų vystymosi tarpsniais 44,4–99,7% lėmė kalio koncentracijos pokyčius augaluose ir derliuje.

8. Kalio koncentracijos vasariniuose rapsuose ir jų derliuje kitimas 31,9–99,3% priklausė nuo azoto trąšų normų ir augalams prieinamo kalio kiekio 0–25 cm dirvožemio sluoksnyje tarpusavio sąveikos efekto.

9. Kalio koncentracijos vasariniuose rapsuose kitimų dėsningumų pagrindu parengti matematiniai modeliai įgalina ankstyviausiuose augalų vystymosi tarpsniuose statistiškai patikimai prognozuoti būsimą vasarinių rapsų sėklų derlių.

Gauta

2002 10 30

Literatūra

1. Courpron C., Menet M., Pelabon E. Fertilizing winter colza on sandy soils of the Landes de Gascogne // Comptes Rendus des Seances de l'Academie d'Agriculture de France. 1973. Vol. 59. P. 194–205.
2. Finck A. Fertilizers and fertilization. Verlag Chemic, 1982. 438 p.
3. Glass A. D. M., Siddiqi M. Y. The control of nutrient uptake rates in relation to the inorganic composition of plants // Advances in plant nutrition. Vol. 1. Eds. Tinker P. B., Lauchli A. New York: Praeger Publishers, 1984. P. 103–147.
4. Grant C. A., Bailey L. D. Fertility management in canola production // Canadian Journal of Plant Science. 1993. Vol. 73. P. 651–670.

5. Holmes M. R. J. Nutrition of the oilseed rape crop. Applied Science Publishers Ltd. London, 1980. 158 p.
6. Holmes M. R. J., Ainsley A. M. Fertilizer requirements of spring oilseed rape // Journal of the Science of Food and Agriculture. 1977. Vol. 28. P. 304–311.
7. Holmes M. R. J., Ainsley A. M. Seedbed fertilizer requirements of winter oilseed rape // Journal of the Science of Food and Agriculture. 1978. Vol. 29. P. 657–666.
8. Magnusson M. Soil pH and nutrient uptake in Cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) in Northern Sweden. Multielement studies by means of plant and soil analyses. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Umea, 2000. 565 p.
9. Makowski N. Sommerraps loht auf sandigen Boden // Bauernzeitung 35. 1994. Nr. 4. 30 p.
10. Ostgard O. Fodder rape – the effect of sowing methods and nitrogen fertilization on yield and chemical composition at different times of harvesting. State Experimental Station Holt. Troms, 1973. N 44.
11. Pissarek H. P. The development of potassium deficiency symptoms in summer rape // Zeitschrift für Pflanzenernahrung und Bodenkunde. 1973. Vol. 136. P. 1–19.
12. Pouzet A. Agronomy // Brassica Oilseeds. Production and Utilization. Eds. Kimber D., McGregor D. I. CAB International, 1995. P. 65–92.
13. Rollier M. Le colza et l'azote // Oleagineux. 1970. Vol. 25. P. 91–96.
14. Schultz J. E. R. Investigations on the seasonal changes in dry matter production and uptake of mineral elements in winter rape (*Brassica napus*) // Tidsskrift for Planteavl. 1972. Vol. 76. P. 415–435.
15. Sheppard S. C., Bates T. E. Yield and chemical composition of rape in response to nitrogen, phosphorus and potassium // Canadian Journal of Soil Science. 1980. Vol. 60. P. 153–162.
16. Soper R. J. Effect of fertilizers on rape on stubble land // 8th Annual Manitoba Soil Science Meeting. University of Manitoba. Winnipeg, 1965. P. 140–141.
17. Soper R. J. Soil tests as a means of predicting response of rape to added N, P and K // Agronomy Journal. 1971. Vol. 63. P. 564–566.
18. Ониани О. Г. Агрохимия калия. Москва: Наука, 1981. 200 с.
19. Рапс. Ред. Д. Шпаар. Минск: ФУАинформ, 1999. 208 с.

Gvidas Šidlauskas, Stasys Bernotas

THE INFLUENCE OF AGROMETEOROLOGICAL FACTORS ON POTASSIUM CONTENT IN SPRING OILSEED RAPE (*BRASSICA NAPUS* L.)

S u m m a r y

Field trials were conducted at the Lithuanian Institute of Agriculture in Dotnuva on Endocalcari–Epihypogleyic Cambisols soil in 1993–1997. Spring oilseed rape cv. Star was seeded with the aim to investigate the effect of the duration of the main growing stages and the whole vegetative period expressed in the number of calendar days that passed from seeding, precipitation rate, mean daily temperature, growing degree days accumulated by plants,

nitrogen fertilizer rates, available potassium content in the soil in the 0–25 cm layer, as well as the effect of these factors on potassium content in spring oilseed rape plants, mature seeds and straw. It was found that the content of potassium in spring oilseed rape plants at different growing stages, also in mature seeds and straw depended on the degree of plant development, on the number of calendar days that passed from sowing, accumulated by plants growing degree days and precipitation rate. The interaction between the mentioned meteorological factors can account for 33.3–99.9% of potassium content fluctuation in spring oilseed rape plants. The highest content of potassium in spring oilseed rape mature seed was determined when the duration of the vegetative growth period was 112.5 calendar days, the precipitation rate during the vegetative growth period 245.7 mm and the mean daily temperature of the vegetative growth period 16.7 °C. The mathematical models created on the basis of potassium content and its changes in spring oilseed rape plants at the stage of 4–5 leaves allows a statistically proven seed yield prognosis with an accuracy up to 99.9%.

Key words: spring oilseed rape, number of calendar days, growing degree days, precipitation rate, nitrogen rate, potassium content

Гвидас Шидлаускас, Стасис Берногас

ВЛИЯНИЕ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ КАЛИЯ В РАСТЕНИЯХ ЯРОВОГО РАПСА (*BRASSICA NAPUS* L.)

Р е з ю м е

Опыты с яровым рапсом 'Star' проводились в 1993–1997 гг. в Литовском институте земледелия

на почве Endocalcari–Epihypogleyic Cambisols с целью изучить, как продолжительность основных фаз роста и развития и всего выраженного календарными днями вегетационного периода, количество осадков, величина среднесуточной температуры воздуха, сумма активных температур, нормы азотных удобрений, содержание усвояемого калия в слое почвы толщиной 0–25 см влияют на содержание калия в растениях ярового рапса во время вегетации, а также в семенах и соломе. Установлено, что на содержание калия в растениях ярового рапса в разных фазах его развития, а также в урожае зависит от степени развития растений, количества календарных дней, прошедших после сева, суммы активных температур и количества осадков по фазам развития и во время всей вегетации. Показано, что в опытах вариации содержания калия в растениях на 33,3–99,9% могут быть обусловлены изученными метеорологическими факторами. Самое высокое содержание калия в семенах ярового рапса было установлено при вегетационном периоде продолжительностью 112,5 календарных дня, сумме осадков, равной 245,7 мм, и среднесуточной температуре воздуха вегетационного периода 16,7°C.

В статье приведены математические модели прогнозирования урожая семян ярового рапса, созданные на основе вариаций содержания калия в растениях в фазе 4–5 листьев, позволяют с 99,9%-ной достоверностью прогнозировать урожай семян ярового рапса.

Ключевые слова: яровой рапс, количество календарных дней, сумма активных температур, количество осадков, нормы азота, содержание калия