
Azoto koncentracijos vasariniuose rapsuose (*Brassica napus*) ryšys su agrometeorologinėmis augimo sąlygomis

Gvidas Šidlauskas,
Alfonsas Švedas

Lietuvos žemdirbystės institutas,
Dotnuvos sen.,
LT-5051 Kėdainių rajonas

Lauko bandymai su vasariniais rapsais (*Brassica napus*) 'Star' atlikti 1993–1997 m. Lietuvos žemdirbystės institute Dotnuvoje velėniniame-glėjiškame lengvo priemolio dirvožemyje, norint išsiaiškinti azoto koncentracijos augaluose kitimą vegetacijos metu bei sėklose ir šiauduose priklausomai nuo pagrindinių vystymosi tarpsnių ir viso vegetacijos periodo, išreikšto kalendorinėmis dienomis, kritulių kiekio, vidutinės paros oro temperatūros, aktyvių temperatūrų sumos, bendrojo azoto kiekio dirvožemyje 0–25 cm sluoksnyje bei šių veiksnių tarpusavio sąveikos. Parodyta, kad azoto koncentracija vasariniuose rapsuose skirtingais jų vystymosi tarpsniais bei derliuje priklauso nuo augalų išsivystymo laipsnio, kalendorinių dienų, praėjusių nuo sėjos, skaičiaus, aktyvių temperatūrų sumos ir kritulių kiekio atskirais augalų vystymosi tarpsniais ar bendrai per visą vegetacijos laikotarpį. Meteorologinių veiksnių tarpusavio sąveika gali lemti iki 85% azoto koncentracijos svyravimų augaluose. Didėjančios azoto trąšų normos didina azoto koncentraciją augaluose. Ilgėjant vegetacijos laikotarpiui ir didėjant kritulių kiekiui per vegetaciją, azoto koncentracija vasarinių rapsų sėklose mažėjo. Didžiausia teigiama dirvožemio, turtingo azoto, įtaka azoto koncentracijai augaluose išryškėjo antroje vasarinių rapsų vegetacijos stadijoje. Pagal pateiktas daugiavarės regresijos lygtis, sudarytas meteorologinių augimo sąlygų, azoto trąšų normų ir dirvožemio turtingumo azoto rodiklių pagrindu, galima statistiškai patikimai prognozuoti azoto koncentracijos kitimą vasariniuose rapsuose. Straipsnyje, remiantis nustatytais azoto koncentracijos augaluose jiems esant 4–5 lapų vystymosi tarpsnyje ir žydėjimo pradžioje kitimo dėsninumu, pateikiami vasarinių rapsų sėklų derliaus prognozavimo modeliai, leidžiantys numatyti būsimą sėklų derlių 81–89% tikslumu.

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

IVADAS

Rapsai pasižymi dideliu poreikiu azotui. Tyrimais nustatyta, kad vidutiniškai vienai tonai sėklų užauginti vasariniai rapsai sunaudoja 50–60 kg azoto [5, 6]. Apskaičiuota, kad norint užauginti tris tonas rapsų sėklų, reikia nuo 160 iki 250 kg/ha azoto, nelygu, kokiomis sąlygomis auga augalai [1, 14, 15]. Azotas būtinas proteinų formavimuisi. Geriau aprūpinant rapsus azotu, daugėja proteinų, o dėl to didėja ir protoplazmos apimtis. Protoplazmos padidėjimas sąlygoja ląstelės ir viso lapo paviršiaus fotosintezėje aktyvaus paviršiaus plotą [8].

Geras vasarinių rapsų aprūpinimas azotu, nesant limituojančių veiksnių, skatina augalų augimą bei sausųjų medžiagų kaupimąsi. Augalai formuoja daugiau

šoninių šakų, ant kurių, netrūkstant maisto, pražysta daugiau žiedų, užsimezga ir subręsta daugiau ankštarių. Augalo komponentų aktyvaus fotosintezėje paviršiaus ploto bei skaičiaus padidėjimas yra svari prielaida gausesniai derliui užauginti. Tačiau pernelyg gausus tręšimas azotu gali pakeisti baltymų ir angliavandenių santykį, dažniausiai mažėja aliejaus kiekis sėklose [1, 8]. Optimalią azoto normą rapsams yra sunku nustatyti, kadangi koreliacija tarp azoto pasisavinimo ir sėklų derliaus dažniausiai nėra pakankamai glaudi [14]. Rapsai iš mineralinių trąšų pasisavina tik apie 50% azoto [12].

Rapsams reikalingas azoto kiekis iš dalies priklauso nuo genetinio sugebėjimo paimti ir pasisavinti azotą sėklų produkcijai ir nuo aplinkos augimo sąlygų, lemiančių genetinio potencialo realizavimą [8].

Optimali azoto norma vasariniams rapsams, priklausomai nuo augimo sąlygų, vietos ir veislės, kinta labai plačiose ribose [2, 4, 7, 10, 13]. Priklausomai nuo dirvožemio turtingumo organinių medžiagų, azoto, trąšų normų, augimo sąlygų, pasėlio tankumo neretai smarkiai kinta azoto koncentracija augaluose jų vegetacijos metu [9, 19]. Tyrimais nustatyta, kad azoto koncentracija sausosiose medžiagose kinta priklausomai ir nuo rapsų išsivystymo laipsnio. Paprastai didžiausia azoto koncentracija nustatoma ankstyviausiuose rapsų vystymosi tarpsniuose [9, 16]. Augalams augant, azoto koncentracija juose tolydžio mažėja ir derliaus nuėmimo metu paprastai siekia 1,5–1,9% [1, 16].

Su azoto koncentracija augaluose vegetacijos metu siejasi sėklų, baltymų ir riebalų derlius [18]. Derliui įtakos turi ir agrometeorologinės rapsų augimo ir vystymosi sąlygos [11, 17, 22]. Duomenų, iliustruojančių bendro vasarinių rapsų vegetacijos laikotarpio ar atskirų augalų vystymosi tarpsnių trukmės priklausomai nuo agrometeorologinių augimo sąlygų ryšį su azoto koncentracija augaluose vegetacijos laikotarpiu, yra nepakankamai. Lietuvoje tokių tyrimų iš viso nebuvo.

Šiame straipsnyje analizuojamas azoto koncentracijos kitimo vasariniuose rapsuose vegetacijos metu ryšys su agrometeorologinėmis augimo sąlygomis svarbiausiais augalų vystymosi tarpsniais, azoto trąšų normomis ir bendrojo azoto kiekiu dirvožemyje. Duomenys praplės turimą informaciją bei pravers prognozuojant derliaus dydį ir kokybines charakteristikas.

TYRIMŲ SĄLYGOS IR METODIKA

Daugiafaktoriniai lauko bandymai atlikti 1993–1997 m. Lietuvos žemdirbystės institute Dotnuvoje velėniniame glėjiškame lengvo priemolio dirvožemyje, kuriame bendrojo azoto buvo vidutiniškai 0,132–0,181%, $N-NO_3$ – 6,7–14,2 mg/kg, $N-NH_4$ – 2,5–3,8 mg/kg, N_{min} – 9,1–18,0 mg/kg, judriojo fosforo – 230–355 mg/kg, judriojo kalio – 169–372 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% P_2O_5 ir kalio chloridas – 58% K_2O 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 – daugiametės varpinės žolės.

Prieš sėją dirva ruošta germinatoriumi. Vasariniai rapsai 'Star' sėti sėjama "Saxonia" 12,5 cm tarpueiliais sėjant 4, 7 ir 10 kg/ha sėklų. Bandymai įrengti trimis pakartojimais. Sėklos normų fonai, pakartojimai ir laukeliai juose išdėstyti randomizuotai.

Priklausomai nuo meteorologinių sąlygų vasariniai rapsai sėti balandžio pabaigoje–gegužės pradžioje.

Prieš įrengiant bandymą grąžtu imti pakartojimų dirvožemio 10 jungtinių mėginių dviejuose gyliuose – 0–25 ir 25–50 cm. Dirvožemio mėginiuose nustatyta: bendrasis azotas – Kjeldalio metodu; N_{min} – Bremerio metodu; $pH_{(KCl)}$ – potenciometriškai; judrieji P_2O_5 ir K_2O – 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 į t/ha esant 8,5% drėgnumui.

Tyrimų metais meteorologinės sąlygos buvo labai įvairios. Joms apibūdinti naudoti Dotnuvos agrometeorologijos stoties, nutolusios nuo bandymo vykdyto vietos per 0,5 km, duomenys.

1993 m. sausas su 3°C aukštesne už daugiametę vidutinę paros oro temperatūrą laikotarpis balandžio–gegužės mėnesiais stabdė vasarinių rapsų augimą ir vystymąsi. Balandžio–lapkričio mėnesiais vidutinė oro temperatūra buvo 1–6°C žemesnė už daugiametę vidurkį. Kritulių kiekis, birželio–rugsėjo mėnesiais 1,9–61,1% didesnis už daugiametę vidurkį, stabdė vasarinių rapsų brendimą.

1994 m. po sauso ir šalto pavasario birželio–rugsėjo mėnesiais buvo 1–4°C šilčiau ir sausiau negu įprasta. Liepos mėnesį kritulių iš viso nebuvo, o birželio ir rugpjūčio mėnesiais iškrito atitinkamai 82,5 ir 66,2% daugiametės kritulių normos. Vyraujant karštam ir sausam orui, vasariniai rapsai subrendo rugpjūčio pirmoje pusėje.

1995 m. pavasarį ir vasarą vyravo 1–2°C šiltesni nei įprasta orai. Rugpjūčio ir rugsėjo mėnesiais vidutinė paros oro temperatūra buvo lygi daugiamečiui vidurkiui. Spalis pasitaikė neįprastai šiltas. Kritulių kiekis kovo–gegužės mėnesiais 48,1–103,8% buvė didesnis už daugiametę vidurkį. Tačiau birželio–lapkričio mėnesiais vyravo sausi orai.

1996 m. vidutinė paros oro temperatūra sausio–kovo mėnesiais buvo net 3–4°C žemesnė už daugiametę vidurkį. Todėl, nors balandžio bei gegužės mėnesiais ir vyravo šiltesni nei įprasta orai, po ilgos ir speiguotos žiemos dirvos, dažnai lyjant, džiūvo ir ši-

lo labai lėtai. Birželio ir liepos mėnesiais vidutinė oro temperatūra buvo 1–2°C žemesnė už normą. Kritulių kiekis gegužės–liepos mėnesiais buvo labai artimas daugiamečiui vidurkiui. Tačiau rugpjūčio–spalio mėnesiais iškrito tik 20,2–79,6% mėnesio kritulių normos.

1997 m. vyravo 0,1–5,0°C šiltesni nei įprasta orai. Lietingas pasitaikė birželis. Kritulių iškrito net 149,2% mėnesio normos. Tačiau kritulių kiekis liepą ir rugpjūtį tesudarė atitinkamai 30,6 ir 55,4% mėnesio kritulių 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: $y = a + bx$; $y = a + bx + bx^2$; $y = a + blnx$; $y = a + bx_1 + cx_2 + \dots + nx_m$. Statistinė duomenų analizė atlikta kompiuterine programa „Selekcija“ [21]. Darbe naudoti simboliai: * – 95% ir ** – 99% tikimybės lygis.

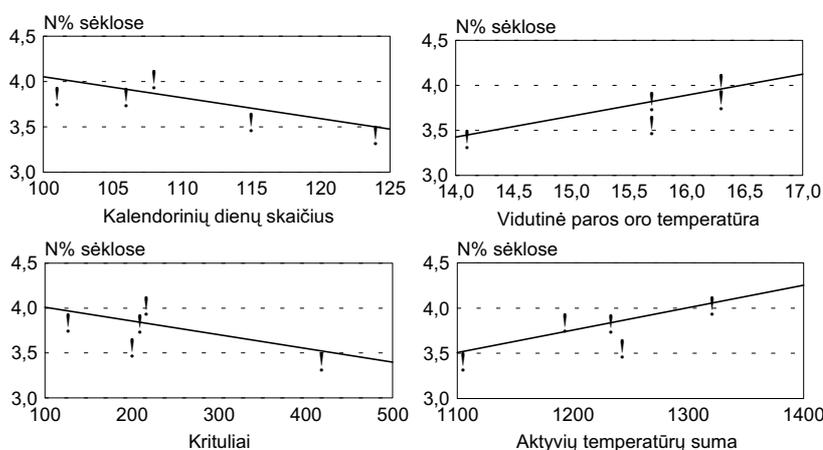
TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Tyrimų vykdymo metais vasarinių rapsų vegetacija užtrukdavo nuo 101 kalendorinės dienos sausais ir karštais 1994 metais iki 124 kalendorinių dienų šaltais ir lietingais 1993 m. Kritulių kiekis, iškritęs per vasarinių rapsų vegetaciją, svyravo nuo 127,1 mm 1994 m. iki 418,7 mm – 1993 m. Žemiausia viso vegetacijos laikotarpio vidutinė paros oro temperatūra 14,1°C buvo 1993 m. 1994 ir 1997 m. vidutinė vegetacijos laikotarpio paros oro temperatūra siekė 16,3°C. Aktyvių temperatūrų suma nuo vasarinių rapsų sėjos iki derliaus nuėmimo kito nuo 1105,5 iki 1321,2°C. Meteorologiniai rodikliai labai svyravo ir lyginant tarpusavyje pagrindinius vasarinių rapsų vystymosi tarpsnius. Tyrimais nustatyta, kad meteorologinės augimo sąlygos bei nemažai nuo jų priklausanti vegetacijos periodo trukmė 59–88% gali turėti įtaką vasarinių rapsų sėklų derliui [20]. Ilgėjant vegetacijos periodo trukmei, didėjo vasarinių rapsų sėklų, žalių baltymų ir riebalų derlius. Koreliacinis vasarinių rapsų derliaus ryšys su vegetacijos periodo trukme stiprėjo didėjant azoto trąšų normoms. Vadinasi, azoto trąšos, ypač didesnės (N_{180} , N_{240}) jų normos, iš dalies eliminuoja vasarinių rapsų sėklų derliaus svyravimus, pasireiškusius dėl meteorologinių sąlygų įtakos. Be to, tyrimais nustatyta, kad didėjančios azoto trąšų normos didino azoto

koncentraciją vasariniuose rapsuose vegetacijos metu bei subrendusiose sėklose ir šiauduose [19]. Savo ruožtu, didėjanti azoto koncentracija augaluose vegetacijos metu statistiškai patikimai didino vasarinių rapsų sėklų derlių [18]. Vadinasi, egzistuoja azoto koncentracijos augaluose, vasarinių rapsų sėklų derliaus, azoto trąšų normų ir meteorologinių augimo sąlygų koreliaciniai ryšiai, leidžiantys prognozuoti būsimą derlių. Tačiau šiems tarpusavio ryšiams nuodugniau išaiškinti būtina įvertinti atskirų vasarinių rapsų augimo tarpsnių ir viso jų vegetacijos laikotarpio trukmės, atsižvelgus į meteorologines augimo sąlygas, azoto trąšų normas, dirvožemio turtingumą azoto bei kitus rodiklius, įtaką azoto koncentracijai vasariniuose rapsuose skirtingais jų vystymosi tarpsniais. Šiems klausimams išiaiškinti buvo atlikta bandymo duomenų, cheminių augalų ir dirvožemio analizių bei meteorologinių stebėjimų statistinė analizė, kuri rodo, kad azoto koncentracijai vasariniuose rapsuose jų vegetacijos metu didelę įtaką turi vyravusios meteorologinės augalų augimo ir vystymosi sąlygos.

Koreliacinė regresinė duomenų analizė rodo, kad ilgėjant vegetacijos periodui, azoto koncentracija sėklose mažėjo (pav.). Ta pati tendencija išryškėjo ir analizuojant azoto koncentracijos vasarinių rapsų sėklose priklausomumą nuo kritulių kiekio per vegetaciją. Jam didėjant, azoto koncentracija subrendusiose sėklose turėjo tendenciją mažėti.

Visiškai kitokio pobūdžio priklausomybės gautos analizuojant azoto koncentracijos vasarinių rapsų sėklose kitimą priklausomai nuo vidutinės paros oro temperatūros ir aktyvių temperatūrų sumos. Azoto koncentracija sėklose turėjo tendenciją didėti tiek kylant vidutinei paros oro temperatūrai, tiek didėjant augalų sukauptai aktyvių temperatūrų sumai. Literatūroje nurodoma, kad kol sėklų audiniai intensyviai



Pav. Vegetacijos periodo trukmės, kritulių kiekio mm, vidutinės paros oro temperatūros °C ir aktyvių temperatūrų sumos °C įtaka N% vasarinių rapsų sėklose

Dotnuva, 1993–1997 m.

auga, jose vyrauja tirpieji angliavandeniai, polisacharidai ir baltymai [3]. Tačiau sėkloms pasiekus maksimalų dydį, baltymų sintezė sulėtėja, o angliavandeniai ima virsti aliejais. Vadinas, ilgėjant vegetacijai, sėklose nuolat didėja riebalų bei mažėja baltymų kiekis. Be to, žemesnė oro temperatūra ir didesnės drėgmės atsargos dirvožemyje taip pat skatina riebalų kaupimąsi sėklose bei gerina jų kokybę didinant nesočiųjų riebalų rūgščių santykinį kiekį aliejuje. Yra žinoma, kad žemesnėje temperatūroje augalai mažiau sintetina chlorofilo, sulėtėja fotosintezė, daugiau kaupiasi paprastųjų angliavandenių, sutrinka dauguma augalo gyvybinių procesų, kurių jautriausias žemai oro temperatūrai yra baltymų sintezės mechanizmas. Taip atsitinka dėl neefektyvaus energijos eikvojimo, jos išspinduliavimo, hidrolitinių procesų suintensyvėjimo ir, priešingai, sintezės sulėtėjimo. Vyraujant žemai oro temperatūrai, azoto įtraukimo į baltymų molekulę procesas yra daug jautresnis, be to, gali prasidėti negrįžtami dalies baltymų koaguliacijos procesai. Visos šios priežastys sietinos su azoto koncentracijos sėklose sumažėjimu ilgėjant vegetacijos periodui ir didėjant kritulių kiekiui jo metu.

Dėl nepakankamų duomenų tyrimuose nepavyko statistiškai patikimai aprašyti azoto koncentracijos kitimo vasarinių rapsų sėklose priklausomumo nuo vegetacijos periodo trukmės, kritulių kiekio per vegetaciją, vidutinės paros oro temperatūros ar aktyvių temperatūrų sumos, sukauptos augalų vegetacijos metu. Nepaisant to, tendencijos labai aiškios, o koreliacijos koeficientai buvo gauti pakankamai dideli; tai rodo esant stiprų tarpusavio analizuotų kiekybinių rodiklių ryšį bei labai artimą statistinio patikimumo ribą (0,87), esant 95% tikimybės lygiui.

Minėti meteorologiniai veiksniai turėjo įtaką azoto koncentracijai vasariniuose rapsuose ir jų vegetacijos metu. Duomenų matematinė analizė rodo, kad kalendorinių dienų skaičius nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio 14,4–74,0% lemia azoto koncentracijos augaluose jiems esant 4–5 lapų tarpsnyje, žydėjimo pradžioje ir pabaigoje, sėklų brendimo tarpsnyje, taip pat sėklose ir šiauduose svyravimų (1 lentelė). Tyrimų vykdymo metais vasarinių rapsų vystymasis nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio vidutiniškai užsitęsavo 27 kalendorines dienas. Šio vystymosi tarpsnio kalendorinė trukmė 68,9% lėmė azoto koncentracijos svyravimus augaluose jiems turint 4–5 lapus. Žydėjimo tarpsnio pradžioje ir pabaigoje kalendorinių dienų skaičiaus įtaka azoto koncentracijai augaluose vyravusiomis augimo sąlygomis gerokai sumažėjo ir tesudarė atitinkamai 22,1 ir 14,4%. Augalams pasiekus sėklų brendimo tarpsnį, kalendorinių dienų skaičiaus nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio įtaka azoto koncentracijai augaluose padidėjo iki 62,4%. Dar labiau minėto veiksnio įtaka padidėjo sėkloms subrendus, o tai lėmė 74,0% azoto koncentracijos svyravimų. Tuo tarpu va-

sarinių rapsų šiauduose azoto koncentracija silpniau priklausė nuo minėto rodiklio. Vadinas, vasarinių rapsų augimas ir vystymasis iki 4–5 lapų tarpsnio labiausiai turėjo įtaką azoto koncentracijai augaluose jiems turint 4–5 lapus, taip pat sėkloms bręstant bei subrendusiomis sėkloms.

Tuo tarpu kalendorinių dienų nuo sėjos iki žydėjimo pradžios skaičius labiausiai veikė azoto koncentraciją augaluose žydėjimo tarpsnio pradžioje. Koreliacinis minėtų kiekybinių rodiklių ryšys buvo labai stiprus, o koreliacinis santykis labai didelis ir statistiškai patikimas esant net 99% tikimybei. Augalams augant, kalendorinių dienų nuo sėjos iki žydėjimo pradžios skaičiaus įtaka azoto koncentracijai augaluose mažėjo. Augalų žydėjimo pabaigoje azoto koncentracija buvo 47,6%, sėkloms bręstant – 29,1%, subrendusiose sėklose – 16,8% ir šiauduose – 15,2%. Tačiau analizuojant kalendorinių dienų skaičiaus nuo sėjos iki vasarinių rapsų žydėjimo pabaigos įtaką azoto koncentracijai augaluose išryškėjo jau kitokio pobūdžio tendencijos. Augalams baigiant žydėti kalendorinių dienų skaičius nuo sėjos iki žydėjimo pabaigos beveik neturėjo įtakos azoto koncentracijai augaluose. Tačiau augalams pasiekus sėklų brendimo tarpsnį, kalendorinių dienų skaičiaus nuo sėjos iki žydėjimo pabaigos įtaka labai išaugo ir šis veiksnys lėmė net 70,1% azoto koncentracijos augaluose svyravimų. Dar didesnė minėto rodiklio įtaka išryškėjo analizuojant azoto koncentracijos kitimą subrendusiose vasarinių rapsų sėklose.

Atliktuose tyrimuose tarpsnis nuo vasarinių rapsų sėjos iki sėklų brendimo truko vidutiniškai 100 kalendorinių dienų. Tyrimai rodo, kad šio tarpsnio kalendorinė trukmė vidutiniškai 28,1% lėmė azoto koncentracijos svyravimų augalams pasiekus sėklų brendimo tarpsnį. Dar didesnę įtaką minėtas veiksnys turėjo azoto koncentracijai subrendusiose vasarinių rapsų sėklose – 51,8%. Kalendorinių dienų skaičius nuo sėjos iki sėklų brendimo tarpsnio labiausiai veikė azoto koncentracijos svyravimus vasarinių rapsų šiauduose. Koreliacinis santykis tarp minėtų rodiklių siekė 0,95 ir buvo matematiškai patikimas esant 95% tikimybei.

Tyrimų vykdymo metais vasarinių rapsų vegetacija tęsdavosi vidutiniškai 110,8 kalendorinės dienos. Atlikus statistinę duomenų analizę, paaiškėjo, kad vegetacijos trukmė 75,7% lėmė azoto koncentracijos svyravimų subrendusiose sėklose ir 37,2% šiauduose. Skaičiavimai rodo, kad silpniausia vegetacijos periodo trukmės įtaka azoto koncentracijai sėklose buvo jai tęsiantis 101,6, o šiauduose – 116,8 kalendorinės dienos (1 lentelė).

Tokiu būdu vasarinių rapsų atskirų vystymosi tarpsnių trukmė turi didelės įtakos azoto koncentracijai augaluose vegetacijos metu bei subrendusiose sėklose ir šiauduose. Tačiau augalų augimas ir vystymasis priklauso ne vien nuo kalendorinės laiko

trukmės, bet ir nuo kitų veiksnių, tokių kaip kritulių kiekis bei vidutinė paros oro temperatūra atskirais augalų vystymosi tarpsniais ar visos jų vegetacijos metu. Tyrimų vykdymo laikotarpiu kritulių kiekis atskirais vasarinių rapsų vystymosi tarpsniais labai įvairavo. Nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio iškrito vidutiniškai 63,9 (± 13,2) mm kritulių. Daugiausia per šį laikotarpį iškrito 1995 m. – 106,5 mm, o mažiausiai 1993 m. – tik 27,7 mm kritulių. Nuo sėjos iki žydėjimo pradžios iškrito vidutiniškai 103,3 (± 17,0) mm kritulių. Šis laikotarpis drėgniausias buvo 1997 m. – 139,7 mm ir 1995 m. – 134,4 mm. Mažiausiai kritulių per šį laikotarpį iškrito 1993 m. – 48,0 mm. Tačiau per laikotarpį nuo sėjos iki sėklų brendimo 1993 m. iškrito net 393,2 mm, arba beveik du kartus daugiau, nei vidutiniškai per šį laikotarpį tyrimų vykdymo metais – 217,9 (± 49,1) mm kritulių. Gausūs krituliai antroje vasarinių rapsų vegetacijos stadijoje 1993 m. lėmė didžiausią kritulių kiekį per vegetaciją – 418,7 mm. Mažiausiai kritulių per vegetaciją iškrito 1994 m. – 127,1 mm, o tyrimų vykdymo metais per vasarinių rapsų vegetaciją – vidutiniškai 234,8 (± 48,7) mm.

Didžiausi paros vidutinės oro temperatūros svyravimai tyrimų vykdymo laikotarpiu buvo pirmojoje vasarinių rapsų vegetacijos stadijoje. Antroje vegetacijos stadijoje paros vidutinės oro temperatūros svyravimai nebuvo tokie ryškūs. Aukščiausia vidutinė paros oro temperatūra per laikotarpį nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio – 15,0°C buvo 1996 m., žemiausia – 12,1°C 1997 m. Per laikotarpį nuo sėjos iki žydėjimo pradžios vidutinė paros oro temperatūra buvo 13,7 ± 0,3°C. Aukščiausia ji buvo 1993 ir 1996 m. atitinkamai iki 14,5 ir 14,4°C. Žemiausia – 12,8°C ji buvo 1994 m. Antroje vegetacijos stadijoje žemiausia vidutinė paros oro temperatūra atskirais vasarinių rapsų vystymosi tarpsniais buvo 1993 m. Tuo tarpu 1994 m. vidutinė paros oro temperatūra žydėjimo tarpsnio pabaigoje (14,9°C), sėklų brendimo tarpsnyje (16,4°C) ir per visą vegetaciją (16,3°C) buvo pati aukščiausia.

Daugianarės regresijos metodu apibendrinus sukauptus duomenis, paaiškėjo, kad aktyvių temperatūrų suma, kaip kalendorinių dienų skaičiaus ir paros vidutinės oro temperatūros išvestinis rodiklis, bei kritulių kiekis atskirais vasarinių rapsų vystymosi

1 lentelė. Azoto koncentracijos (y N%) vasariniuose rapsuose ryšys su kalendorinių dienų skaičiumi (x) skirtingais augalų vystymosi tarpsniais 1993–1997 m.

N koncentracija augaluose	Regresijos lygtis	η_{05}	$x_{\text{ekstrem.}}$	$x \pm Sx$
Kalendorinių dienų skaičius nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio (x_1)				
4–5 lapai	$y = 13,528 - 0,414x_1 + 0,0042x_1^2$	0,83	49,3	26,8 ± 1,2
Žydėjimo pradžioje	$y = - 11,36 + 1,1596x_1 - 0,021x_1^2$	0,47	27,6	26,8 ± 1,2
Žydėjimo pabaigoje	$y = 2,1147 - 0,021x_1 + 0,0003x_1^2$	0,38	35,0	26,8 ± 1,2
Sėkloms bręstant	$y = - 18,83 + 1,3878x_1 - 0,023x_1^2$	0,79	30,2	26,8 ± 1,2
Sėklose	$y = - 18,46 + 1,672x_1 - 0,031x_1^2$	0,86	27,0	26,8 ± 1,2
Šiauduose	$y = 9,4201 - 0,653x_1 + 0,012x_1^2$	0,41	27,2	26,8 ± 1,2
Kalendorinių dienų skaičius nuo sėjos iki žydėjimo pradžios (x_2)				
Žydėjimo pradžioje	$y = 56,961 - 2,521x_2 + 0,0298x_2^2$	0,99**	42,3	42,2 ± 1,4
Žydėjimo pabaigoje	$y = 3,0587 - 0,059x_2 + 0,0006x_2^2$	0,69	49,2	42,2 ± 1,4
Sėkloms bręstant	$y = - 12,63 + 0,7416x_2 - 0,009x_2^2$	0,54	41,2	42,2 ± 1,4
Sėklose	$y = - 13,24 + 0,8716x_2 - 0,011x_2^2$	0,41	39,6	42,2 ± 1,4
Šiauduose	$y = - 4,308 + 0,2666x_2 - 0,003x_2^2$	0,39	44,4	42,2 ± 1,4
Kalendorinių dienų skaičius nuo sėjos iki žydėjimo pabaigos (x_3)				
Žydėjimo pabaigoje	$y = 0,7999 + 0,03x_3 - 0,0002x_3^2$	0,20	75,0	65,4 ± 2,0
Sėkloms bręstant	$y = - 88,27 + 2,7048x_3 - 0,02x_3^2$	0,84	67,6	65,4 ± 2,0
Sėklose	$y = 41,629 - 1,098x_3 + 0,0079x_3^2$	0,94*	69,5	65,4 ± 2,0
Šiauduose	$y = - 24,1 + 0,7458x_3 - 0,005x_3^2$	0,43	74,6	65,4 ± 2,0
Kalendorinių dienų skaičius nuo sėjos iki sėklų brendimo tarpsnio (x_4)				
Sėkloms bręstant	$y = 37,905 - 0,71x_4 + 0,0034x_4^2$	0,53	104,4	100,0 ± 2,5
Sėklose	$y = - 29,39 + 0,6938x_4 - 0,003x_4^2$	0,72	115,6	100,0 ± 2,5
Šiauduose	$y = - 69,62 + 1,3975x_4 - 0,006x_4^2$	0,95*	116,5	100,0 ± 2,5
Kalendorinių dienų skaičius per vegetaciją (x)				
Sėklose	$y = - 6,338 + 0,2031x - 0,001x^2$	0,87	101,6	10,8 ± 4,0
Šiauduose	$y = - 10,45 + 0,1868x - 0,0008x^2$	0,61	116,8	10,8 ± 4,0

tarpsniais ar bendrai per visą vegetaciją susietas su azoto koncentracija augaluose jiems esant 4–5 lapų vystymosi tarpsnyje, žydėjimo pradžioje ir pabaigoje, sėklų brendimo tarpsnyje, taip pat subrendusiose sėklose ir šiauduose (2 lentelė).

Didėjant augalų sukauptai aktyvių temperatūrų suma ir kritulių kiekiui per laikotarpį nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio, didėjo ir azoto koncentracija augaluose bei derliuje. Išimtis – azoto koncentracijos kitimas augaluose jiems esant 4–5 lapų vystymosi tarpsnyje bei subrendusiose sėklose. Šiais atvejais didėjanti aktyvių temperatūrų suma turėjo tendenciją mažinti šį rodiklį. Vyraujant aukštesnei už optimalią oro temperatūrai, augalai vystosi pernelyg sparčiai, todėl azoto koncentracija juose mažėja. Silpniausia aktyvių temperatūrų sumos ir kritulių kiekio variacijos įtaka azoto koncentracijai augaluose buvo per laikotarpį nuo sėjos iki žydėjimo pradžios. Šiuo atveju daigianarės determinacijos koeficientai dažniausiai nebuvo didesni nei 50%. Panaši tendencija išryškėjo ir analizuojant minėtus klimato rodiklius nuo sėjos iki žydėjimo pabaigos. Gana silpną aktyvių temperatūrų sumos ir kritulių

kiekio sąveikos įtaką azoto koncentracijai augaluose galėjo lemti ypač spartus vegetatyvinės augalų masės ir sausųjų medžiagų kaupimasis vasariniuose rapsuose, pasireiškęs jiems pradėjus žydėti, bei itin dinamiškas azoto, taip pat fosforo ir kalio koncentracijos mažėjimas sausosiose medžiagose augalams žydint. Vadinasi, nuodugniau išsiaiškinti azoto koncentracijos kitimo procesus, vykstančius vasariniuose rapsuose priklausomai nuo meteorologinių veiksnių pasireiškimo nuo sėjos iki žydėjimo pradžios ar pabaigos, reikalingi papildomi tyrimai ir laboratorinės analizės.

Aktyvių temperatūrų sumos ir kritulių kiekio, iškritusio per laikotarpį nuo sėjos iki sėklų brendimo tarpsnio, sąveika 69,5% lėmė azoto koncentracijos svyravimus augaluose prasidėjus sėklų brendimui. Subrendusiose sėklose minėtų veiksnių tarpusavio sąveikos efekto įtaka azoto koncentracijai sumažėjo iki 50,0%. Tuo tarpu vasarinių rapsų šiauduose ji lėmė 79,2% azoto koncentracijos svyravimų. Vadinasi, aktyvių temperatūrų suma ir kritulių kiekis turi didelę įtaką azoto koncentracijai vasariniuose rapsuose sėklų brendimo tarpsnyje, taip pat sėklose ir šiauduose.

2 lentelė. Azoto koncentracijos (y N%) vasariniuose rapsuose ryšys su aktyvių temperatūrų suma (t°C) ir kritulių kiekiu (k mm) skirtingais augalų vystymosi tarpsniais 1993–1997 m.

N koncentracija augaluose	Regresijos lygtys	DDK%	$t_n \pm St_n$	$k_n \pm Sk_n$
Nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio (t_1 ir k_1)				
4–5 lapai	$y = 4,749 - 0,00163t_1 + 0,01665k_1$	72,69	$219 \pm 15,1$	$63,9 \pm 13,2$
Žydėjimo pradžioje	$y = 1,783 + 0,00623t_1 + 0,01277k_1$	90,24	$219 \pm 15,1$	$63,9 \pm 13,2$
Žydėjimo pabaigoje	$y = 1,728 + 0,00016t_1 + 0,00045k_1$	60,49	$219 \pm 15,1$	$63,9 \pm 13,2$
Sėkloms bręstant	$y = -0,893 + 0,0083t_1 + 0,0035k_1$	59,23	$219 \pm 15,1$	$63,9 \pm 13,2$
Sėklose	$y = 4,743 - 0,00503t_1 + 0,00261k_1$	78,36	$219 \pm 15,1$	$63,9 \pm 13,2$
Šiauduose	$y = -0,099 + 0,0025t_1 + 0,0026k_1$	21,72	$219 \pm 15,1$	$63,9 \pm 13,2$
Nuo sėjos iki žydėjimo pradžios (t_2 ir k_2)				
Žydėjimo pradžioje	$y = 3,209 + 0,00083t_2 + 0,00433k_2$	23,30	$376,5 \pm 12,4$	$103,3 \pm 17,0$
Žydėjimo pabaigoje	$y = 1,699 + 0,00018t_2 + 0,00024k_2$	48,92	$376,5 \pm 12,4$	$103,3 \pm 17,0$
Sėkloms bręstant	$y = 3,229 - 0,00427t_2 - 0,00446k_2$	42,34	$376,5 \pm 12,4$	$103,3 \pm 17,0$
Sėklose	$y = 5,377 - 0,00554t_2 + 0,00495k_2$	95,21*	$376,5 \pm 12,4$	$103,3 \pm 17,0$
Šiauduose	$y = -0,197 + 0,002t_2 + 0,00054k_2$	11,72	$376,5 \pm 12,4$	$103,3 \pm 17,0$
Nuo sėjos iki žydėjimo pabaigos (t_3 ir k_3)				
Žydėjimo pabaigoje	$y = 1,758 - 0,00003t_3 + 0,00037k_3$	73,35	$631,9 \pm 32,4$	$145,0 \pm 16,6$
Sėkloms bręstant	$y = 2,19 - 0,00089t_3 - 0,00323k_3$	25,21	$631,9 \pm 32,4$	$145,0 \pm 16,6$
Sėklose	$y = 2,767 + 0,00221t_3 - 0,00249k_3$	32,30	$631,9 \pm 32,4$	$145,0 \pm 16,6$
Šiauduose	$y = -1,738 + 0,0016t_3 + 0,0018k_3$	83,09	$631,9 \pm 32,4$	$145,0 \pm 16,6$
Nuo sėjos iki sėklų brendimo tarpsnio (t_4 ir k_4)				
Sėkloms bręstant	$y = 3,503 - 0,00208t_4 - 0,00061k_4$	69,53	$1062,8 \pm 60,5$	$217,9 \pm 49,1$
Sėklose	$y = 3,379 + 0,00064t_4 - 0,00115k_4$	49,99	$1062,8 \pm 60,5$	$217,9 \pm 49,1$
Šiauduose	$y = -0,295 + 0,00055t_4 + 0,0015k_4$	79,17	$1062,8 \pm 60,5$	$217,9 \pm 49,1$
Per vegetaciją (t ir k)				
Sėklose	$y = 1,648 + 0,0019t - 0,00069k$	68,54	$1219,4 \pm 35,2$	$234,8 \pm 48,7$
Šiauduose	$y = -1,738 + 0,0016t_1 + 0,00184k$	83,09	$1219,4 \pm 35,2$	$234,8 \pm 48,7$

Augalų sukauptos aktyvių temperatūrų sumos bei kritulių kiekio, iškritusio per vasarinių rapsų vegetaciją, tarpusavio sąveika turėjo didelę įtaką azoto koncentracijai subrendusiose sėklose bei šiauduose. Tyrimais nustatyta, kad minėtų veiksnių tarpusavio sąveika lėmė 68,5% azoto koncentracijos svyravimų sėklose ir 83,1% šiauduose. Vadinasi, 31,5% azoto koncentracijos svyravimų sėklose ir 16,9% šiauduose negali būti paaiškinami aktyvių temperatūrų sumos ir kritulių kiekio tarpusavio efekto sąveika. Siekiant įvardyti kitus veiksnius, turinčius įtaką azoto koncentracijai vasariniuose rapsuose jų vegetacijos metu bei sėklų ir šiaudų derliuje, taip pat įvertinti šių veiksnių įtaką, atsižvelgus į meteorologines augimo sąlygas, buvo atlikta daugianarė regresinė analizė, apimanti aktyvių temperatūrų sumos, kritulių kiekio, azoto trąšų normų ir dirvožemio turtingumo bendrojo azoto 0–25 cm sluoksnyje rodiklius (3 lentelė).

Minėta statistinė duomenų analizė dar kartą įrodė, kad azoto koncentracija vasariniuose rapsuose atskirais jų vystymosi tarpsniais ar subrendusiose sėklose ir šiauduose priklauso nuo meteorologinių sąly-

gų, pasireiškusių skirtingais augalų vystymosi tarpsniais, taip pat nuo azoto trąšų normų ir bendrojo azoto kiekio dirvožemyje. Pažymėtina tai, kad atskirais vasarinių rapsų vegetacijos laikotarpiais aktyvių temperatūrų suma ir iškritęs kritulių kiekis neturėjo vienareikšmės įtakos azoto koncentracijai augaluose skirtingais jų vystymosi tarpsniais. Vienu atveju didėjanti aktyvių temperatūrų suma ir kritulių kiekis didino azoto koncentraciją augaluose, kitu – atvirkščiai – ją mažino. Tai dar kartą įrodo, kad analizuojamų dydžių tarpusavio ryšiai labai glaudūs, kadangi augalams sukauptus didesnę ar mažesnę už optimalią aktyvių temperatūrų sumą ar krituliams viršijus optimalų vyraujančiomis agroklimatinėmis augalų augimo ir vystymosi sąlygomis kieki, šie pakitimai neigiamai paveikdavo azoto koncentraciją augaluose. Tuo tarpu azoto trąšų normų įtaka azoto koncentracijai augaluose visais atvejais buvo vienareikšmė. Didinant azoto normas iki 240 kg/ha azoto koncentracija augaluose vegetacijos metu bei sėklose ir šiauduose nuosekliai didėjo. Tyrimai rodo, kad bendrojo azoto kiekio 0–25 cm dirvožemio sluoksnyje įtaka

3 lentelė. Azoto koncentracijos (y N%) vasariniuose rapsuose ryšys su aktyvių temperatūrų suma ($t^{\circ}C$), kritulių kiekiu (k mm), azoto trąšų norma (z kg/ha) ir bendrojo azoto kiekiu (n N%) 0–25 cm dirvožemio sluoksnyje skirtingais augalų vystymosi tarpsniais 1993–1977 m.

N koncentracija augaluose	Regresijos lygtys	DDK %
	Nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio (t_1 , k_1 , z ir n)	
4–5 lapai	$y = 13,538 + 0,00834t_1 + 0,03609k_1 + 0,00424z - 91,682n$	85,76**
Žydėjimo pradžioje	$y = 2,903 + 0,01106t_1 + 0,02139k_1 + 0,00682z - 27,322n$	86,22**
Žydėjimo pabaigoje	$y = - 0,138 - 0,00389t_1 - 0,00719k_1 + 0,00191z + 21,369n$	65,95**
Sėkloms bręstant	$y = - 1,077 + 0,005t_1 + 0,01089k_1 + 0,00109z - 0,2076n$	84,39**
Sėklose	$y = - 2,94 - 0,01163t_1 - 0,0013k_1 + 0,00202z + 70,987n$	85,72**
Šiauduose	$y = - 2,438 + 0,00031t_1 - 0,00356k_1 + 0,0012z + 21,656n$	51,21**
	Nuo sėjos iki žydėjimo pradžios (t_2 , k_2 , z ir n)	
Žydėjimo pradžioje	$y = - 8,384 + 0,00663t_2 - 0,00155k_2 + 0,00682z + 64,518n$	79,56**
Žydėjimo pabaigoje	$y = 5,209 + 0,00482t_2 + 0,00056k_2 + 0,00191z - 13,968n$	74,70**
Sėkloms bręstant	$y = - 6,248 + 0,00249t_2 + 0,00015k_2 + 0,00109z + 43,337n$	71,97**
Sėklose	$y = 8,261 + 0,01071t_2 + 0,00588k_2 + 0,00202z - 9,436n$	90,79**
Šiauduose	$y = - 2,814 + 0,00242t_2 - 0,00188k_2 + 0,0012z + 18,067n$	52,64**
	Nuo sėjos iki žydėjimo pabaigos (t_3 , k_3 , z ir n)	
Žydėjimo pabaigoje	$y = 1,758 + 0,00062t_3 - 0,00356k_3 + 0,00191z - 0,876x_4$	73,19**
Sėkloms bręstant	$y = - 5,052 + 0,00132t_3 - 0,00023k_3 + 0,00109z + 35,586n$	76,01**
Sėklose	$y = - 1,141 + 0,00242t_3 - 0,00629k_3 + 0,00202z + 29,193n$	67,97**
Šiauduose	$y = - 0,023 - 0,00207t_3 + 0,00306k_3 + 0,0012z + 9,315n$	85,15**
	Nuo sėjos iki sėklų brendimo tarpsnio (t_4 , k_4 , z ir n)	
Sėkloms bręstant	$y = - 4,388 - 0,00007t_4 - 0,00055k_4 + 0,00109z + 37,959n$	71,48**
Sėklose	$y = 0,577 - 0,00186t_4 + 0,00202k_4 + 0,00202z + 24,085n$	66,41**
Šiauduose	$y = - 1,396 + 0,00018t_4 + 0,00128k_4 + 0,0012z + 9,629n$	84,03**
	Per vegetaciją (t , k , z ir n)	
Sėklose	$y = - 0,078 + 0,00084t - 0,00152k + 0,00202z + 21,145n$	67,75**
Šiauduose	$y = - 2,296 + 0,00088t + 0,00156k + 0,0012z + 9,106n$	87,26**

azoto koncentracijai augaluose vegetacijos metu glaudžiai siejosi su augalų išsivystymo laipsniu. Ankstyviausiuose vasarinių rapsų vystymosi tarpsniuose, kol augalai maži ir azoto poreikis nėra didelis, augalai naudoja lengviausiai jų pasisavinamą trąšų azotą. Augalams augant, didėjant jų vegetatyvinei masei, tvirtėjant šaknų sistemai, didėjant poreikiui azotui bei senkant trąšų azoto atsargoms, vasariniai rapsai pradeda vis labiau naudoti dirvožemyje esantį azotą. Todėl tyrimuose augalams pasiekus žydėjimo tarpsnį, didėjančios azoto atsargos dirvožemyje didina azoto koncentraciją augaluose ir sėklų bei šiaudų derliuje.

Taigi, statistinė duomenų analizė rodo, kad aktyvių temperatūrų sumos, kritulių kiekio, azoto trąšų normų ir dirvožemyje esančio bendrojo azoto kiekio tarpusavio sąveika labai veikia azoto koncentraciją augaluose 4–5 lapų vystymosi tarpsnyje, žydėjimo pradžioje ir pabaigoje, sėklų brendimo tarpsnyje, taip pat subrendusiose sėklose ir šiauduose. Visais atvejais daigianarės determinacijos koeficientai buvo gauti statistiškai patikimi esant 99% tikimybei.

Sukaupti tyrimų duomenys bei jų statistinė analizė, panaudojus matematinius modelius, leidžia jau ankstyviausiuose vasarinių rapsų vystymosi tarpsniuose pakankamu tikslumu prognozuoti vasarinių rapsų sėklų derlių, remiantis agrometeorologinių veiksnių ir azoto trąšų normų veikimo bendru efektu.

Sėklų derliui prognozuoti vasariniams rapsams tik pradėjus žydėti siūlomas šis matematinis modelis: $y = 0,9 + 1,03 \ln(-8,3836 + 0,006633x_1 - 0,001546x_2 + 0,006817x_3 + 64,51779x_4)$; DDK = 88,8%, čia $360 \leq x_1 \leq 420$ – aktyvių temperatūrų suma °C nuo sėjos iki žydėjimo pradžios; $48 \leq x_2 \leq 135$ – kritulių kiekis mm nuo sėjos iki žydėjimo pradžios; $0 \leq x_3 \leq 240$ – azoto trąšų norma kg/ha, išberta prieš sėją; $0,130 \leq x_4 \leq 0,150$ – bendrojo N% 0–25 cm sluoksnyje prieš sėją.

Pagal rapsų būseną jiems esant 4–5 lapų vystymosi tarpsnyje būsimą sėklų derlių apie 82% tikslumu (DDK = 82,1%) galima prognozuoti pagal šį matematinį modelį: $y = -2,11 + 2,56 \ln(3,7397 + 0,0009177x_1 + 0,015835x_2 + 0,004243x_3)$; čia $170 \leq x_1 \leq 270$ – aktyvių temperatūrų suma nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio; $27 \leq x_2 \leq 107$ – kritulių kiekis mm nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio; $0 \leq x_3 \leq 240$ – azoto trąšų norma kg/ha, išberta prieš sėją. Pagal augalų išsivystymą žydėjimo pradžioje sėklų derliui prognozuoti siūlomas šis modelis: $y = 0,9 + 1,03 \ln(2,25393 + 0,000616x_1 + 0,004106x_2 + 0,006817x_3)$; DDK = 81,7%; čia $360 \leq x_1 \leq 420$ – aktyvių temperatūrų suma °C nuo sėjos iki žydėjimo pradžios; $48 \leq x_2 \leq 135$ – kritulių kiekis mm nuo sėjos iki žydėjimo pradžios; $0 \leq x_3 \leq 240$ – azoto trąšų norma kg/ha, išberta prieš sėją.

Taigi atlikti tyrimai rodo, kad azoto koncentracija vasariniuose rapsuose vegetacijos metu, taip pat

subrendusiose sėklose ir šiauduose priklauso nuo kalendorinių dienų skaičiaus, augalų sukauptos aktyvių temperatūrų sumos ir kritulių kiekio, iškritusio per laikotarpį nuo sėjos iki 4–5 lapų vystymosi tarpsnio, žydėjimo pradžios ir pabaigos, sėklų brendimo tarpsnio bei per visą vegetaciją. Be to, azoto koncentracija augaluose kinta priklausomai nuo anksčiau minėtų veiksnių ir azoto trąšų normų bei bendrojo azoto kiekio 0–25 cm dirvožemio sluoksnyje sąveikos efekto poveikio. Azoto koncentracijos augaluose kitimo dėsningumą analizės pagrindu parengti matematiniai modeliai leidžia pakankamai tiksliai ir statistiškai patikimai prognozuoti vasarinių rapsų sėklų derlių ankstyviausiuose augalų vystymosi tarpsniuose.

IŠVADOS

1. Azoto koncentracija vasariniuose rapsuose kinta priklausomai nuo augalų išsivystymo laipsnio. Ankstyviausiuose vystymosi tarpsniuose azoto koncentracija yra didžiausia, vegetacijos pabaigoje – mažiausia.

2. Ilgėjant vegetacijos periodui ir didėjant kritulių kiekiui per vegetaciją azoto koncentracija sėklose mažėja. Kylant vidutinei paros oro temperatūrai ir didėjant augalų sukauptai aktyvių temperatūrų sumai azoto koncentracija sėklose didėja.

3. Kalendorinių dienų skaičius nuo sėjos iki analizuojamo laikotarpio pabaigos turi įtaką azoto koncentracijai augaluose vegetacijos metu bei subrendusiose sėklose ir šiauduose.

4. Aktyvių temperatūrų sumos ir kritulių kiekio, iškritusio per analizuojamą laikotarpį, tarpusavio sąveika iki 85% sąlygoja azoto koncentracijos svyravimus vasariniuose rapsuose ir jų derliuje.

5. Azoto koncentracija vasariniuose rapsuose kinta priklausomai nuo agrometeorologinių veiksnių, azoto trąšų normų bei bendrojo azoto kiekio dirvožemyje tarpusavio sąveikos efekto.

6. Azoto koncentracijos vasariniuose rapsuose kitimų dėsningumą analizės pagrindu parengtas matematinis modelis leidžia ankstyviausiuose augalų vystymosi tarpsniuose statistiškai patikimai prognozuoti būsimą sėklų derlių.

Gauta
2001 04 10

Literatūra

1. Almond J. A., Dawkins T. C. K., Askew M. F. Aspects of crop husbandry // Oilseed rape (Ed. Scarisbrick D. H., Daniels R. W.). Collins. London, 1986. P. 128–175.
2. Anderson C. H., Kusch A. G. Response of rapeseed to applied nitrogen, phosphorus, potassium and sulphur when growth above 57° N latitude // Canadian Journal of Plant Science. 1968. Vol. 48. P. 611–616.

3. Augalų fiziologija / Sud. S. Borusas. Vilnis, 1991. 420 p.
4. Bhatti R. S. Influence of nitrogen fertilization on the yield, protein and oil content of two varieties of rape // Canadian Journal of Plant Science. 1964. Vol. 44. P. 215–217.
5. Geisler G., Kullmann A. Changes of dry matter content and nitrogen efficiency in oilseed rape in relation to nitrogen nutrition // Proceedings of the 8th International Rapeseed Congress. Saskatoon. Canada, Saskatoon. 1991. P. 1175–1180.
6. Grant C. A., Bailey L. D. Fertility management in canola production // Canadian Journal of Plant Science. 1993. Vol. 73. P. 651–670.
7. Helps M. B. Method of sowing, seed rate and nitrogen level for oilseed rape // Experimental Husbandry. 1971. Vol. 20. P. 69–72.
8. Holmes M. R. J. Nutrition of the oilseed rape crop // Applied Science Publishers LTD. London, 1980. 158 p.
9. Lefevre G., Lefevre P. Observations on the uptake of nutrients by winter rape // Annales Agronomiques. Serie A. 1957. Vol. 8. P. 125–144.
10. Mazur K. L., Cieccko Z., Kozłowski M. Effect of nitrogen and sulphur fertilization on yield and seed composition of rape // Zeszyty Naukowe / Akademia Rolniczo Technicznej w Olszynie. 1977. Vol. 19. P. 183–198.
11. Mendham N. J., Shipway P. A., Scott P. K. The effect of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus*) // Journal of Agricultural Science. Cambridge. 1981. Vol. 36. P. 389–416.
12. Merrien A. Irrigation du colza d'hiver // Dossier technique. CETIOM, Paris, France. 1991. 17 p.
13. Nordestgaard A. Experiments on the application of increasing quantities of calcium nitrate to summer rape 1961 to 1965 // Tidsskrift for Planteavl. 1966. Vol. 70. P. 340–345.
14. Pouzet A. Agronomy // Brassica Oilseeds. Production and Utilization (Ed. Kimber D. S., McGregor D. I.) CAB International. 1995. P. 33–110.
15. Racz G. J., Webber M. D., Sopper R. J., Hedlin R. A. Phosphorus and nitrogen utilization by rape, flax and wheat // Agronomy Journal. 1965. Vol. 57. P. 335–337.
16. Radet E. Fertilizing winter rape in Champagne // Annales Agronomiques. Serie A. 1955. Vol. 5. P. 922–935.
17. Rao M. S. S., Mendham N. J. Comparison of chinoli (*Brassica campestris subsp. Oleifera x subsp. Chinensis*) and *B. napus* oilseed rape using different growth regulators, plant population densities and irrigation treatments // Journal of Agricultural Science. Cambridge. 1991. Vol. 117. P. 177–187.
18. Šidlauskas G. Vasarinių rapsų sėklų derliaus bei žalių baltymų ir riebalų išeigos priklausomumas nuo azoto, fosforo ir kalio kiekio augaluose skirtingais vystymosi tarpsniais // Žemdirbystė. Mokslo darbai. LŽI, LŽŪU. Akademia, 2000. T. 72. P. 118–135.
19. Šidlauskas G. Azoto normų ir tręšimo laiko įtaka azoto, fosforo ir kalio kiekiui vasariniuose rapsuose (*Brassica napus*) skirtingais jų vystymosi tarpsniais ir derliuje // Žemdirbystė. Mokslo darbai. LŽI, LŽŪU. Akademia, 2000. T. 71. P. 135–153.
20. Šidlauskas G., Švedas A. Agrometeorologinių veiksnių ir tręšimo azotu ryšys su vasarinių rapsų (*Brassica napus*) sėklų, žalių baltymų ir riebalų derliumi // LŽŪA mokslo darbai. 2001. T. 49(2). P. 38–43.
21. Tarakanovas P. Selekcinių-genetinių tyrimų rezultatų apdorojimo ir įvertinimo sistema „Selekcija“. Dotnuva-Akademija, 1996. 76 p.
22. Thurling N., Vijendra Das L. D. Variation in the pre-anthesis development of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.) // Australian Journal of Agricultural research. 1992. Vol. 43. P. 609–622.

Gvidas Šidlauskas, **Alfonsas Švedas**

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

S u m m a r y

Field trials were conducted at the Lithuanian Institute of Agriculture in Dotnuva on a light loamy soddy-gleyic soil in 1993–1997. The spring oilseed rape cv. Star was seeded with the aim to investigate the effect of the length of the main growing stages and whole vegetative period expressed in the number of calendar days passed from seeding, precipitation rate, mean daily temperature, growing degree days accumulated by plants, nitrogen fertilization rates, total nitrogen content in the soil in the 0–25 cm layer as well as the effect of these factors on nitrogen content in spring oilseed rape plants, ripe seeds and straw. It was shown that the content of nitrogen in spring oilseed rape plants at different growing stages as well as in ripe seeds and straw depends on the degree of plant development, the number of calendar days passed from sowing, growing degree days accumulated by plants and precipitation rate. The interaction between the mentioned meteorological factors may influence up to 85% the nitrogen content fluctuation in spring oilseed rape plants. An increase of nitrogen fertilization rates increased steadily the content of nitrogen in the plants. An increase of the length of vegetative period and the rate of precipitation during the vegetative growth tended to decrease the nitrogen content in spring oilseed rape seeds. An increase of the mean daily temperature of vegetative growth period and the accumulated by plants growing degree days tended to increase the nitrogen content in ripe seeds. The highest positive soil total nitrogen effect on the content of nitrogen in the plants was most obvious in the second part of the vegetative growth period. Multiregression equations created on the background of the meteorological conditions, fertilizer and soil nitrogen indices presented in the paper allow a statistically proven prognosis of nitrogen content changes in spring oilseed rape plants during the vegetative growth period. The mathematical models created using the data of nitrogen content changes in spring oilseed rape plants at 4–5 leaves growing stage and at the start of flowering allows a statistically proven seed yield prognosis with an accuracy of 81–85%.

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

Гвидас Шидлаускас, Альфонсас Швядас

ВЛИЯНИЕ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ АЗОТА В РАСТЕНИЯХ ЯРОВОГО РАПСА (*BRASSICA NAPUS*)

Резюме

Опыты с яровым рапсом 'Star' проводились в Литовском институте земледелия на дерново-глеевой легко-суглинистой почве в 1993–1997 гг. с целью изучить, как продолжительность основных фаз развития и весь вегетационный период, выраженный календарными днями, количество осадков, среднесуточная температура воздуха, сумма активных температур, нормы азотных удобрений, содержание общего азота в 0–25 см слое почвы влияют на содержание азота в растениях ярового рапса во время вегетации, а также в семенах и соломе. Установлено, что содержание азота в растениях ярового рапса в разных фазах его развития, а также во всем 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. До 85% вариации содержания азота в растениях может быть обусловлено изучаемыми метеорологическими факторами. При увеличении норм азотных удобрений

содержание азота в растениях ярового рапса повышалось. При более продолжительном вегетационном периоде и при большом количестве осадков за вегетационный период содержание азота в семенах ярового рапса снижалось. Но при более высокой среднесуточной температуре воздуха во время вегетационного периода и при накопленном растениями большем количестве сумм активных температур содержание азота в семенах повышалось. Самая высокая эффективность влияния общего азота почвы на содержание азота в растениях проявлялась во второй половине вегетации ярового рапса. Исходя из метеорологических условий развития растений, норм азотных удобрений и содержания общего азота в почве разработаны многоуровневые уравнения, позволяющие статистически достоверно прогнозировать вариацию содержания азота в растениях ярового рапса. В статье приведены математические модели прогнозирования урожая семян ярового рапса, разработанные на основе вариации содержания азота в растениях в фазе 4–5 листьев и в начале цветения; они позволяют с 81–85%-ной достоверностью прогнозировать урожай семян ярового рапса.

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