

Vlastimil Mikšík, Jan Vašák
Czech University of Agriculture, Praha

Rola korzenia w przezimowaniu rzepaku ozimego (*Brassica napus* L. var. *napus*)

Role of winter rape (*Brassica napus* L. var. *napus*) roots in overwintering

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, korzenie, przezimowanie, okres wegetacji, jesień, zawartość suchej masy, plon

Key words: Rapeseed – winter oilseed rape, roots, overwintering – winter killing, Nitrogen Index of Roots, vegetation period, autumn, dry matter content, N uptake, yield

Po zasiewie rośliny rzepaku ozimego mają 80–100 dni wegetacji jesiennej. W tym to czasie przechodzą one od fazy kiełkowania do fazy 6–10 właściwych liści. Przed zimą nie powinny przejść z fazy organogenezy do generatywnego rozwoju. Nie mogą równocześnie być zbyt słabe i nie powinny mieć wyciągniętej podstawy liścia sercowego. Rozwój i stan rzepaku przed zimą zależy przede wszystkim od warunków atmosferycznych. Ważna jest także wilgotność gleby po wysiewie. W ciągu pięciu lat obserwowano zależności między zawartością azotu w korzeniach a plonem i przezimowaniem. Stwierdzono, że optymalna zawartość azotu w korzeniach — tzw. NIR stanowiła 10–20% całkowitej zawartości azotu w roślinie. Najwyższe plony obserwuje się przy standardowej agrotechnice dla NIR > 20.

The vegetation period after seeding of winter rape is generally 80-100 days long in autumn. Winter rape should not grow beyond the organogenesis to the generative stand before winter. Plant and especially main root should not be too weak. Development and status of rapeseed in autumn depend mainly on weather conditions. Very important is also soil moisture after seeding. In the five years course the relationship between nitrogen content in roots, yield and overwintering of rape was monitored. The nitrogen content in roots (NIR) varies from 10-20% of the total nitrogen uptake of a plant. NIR, which is higher than 20% guarantees, when adopted standard farming practises, the highest level of yields.

Wstęp

Na rozwój, wzrost i odżywianie roślin oraz plon w znacznym stopniu wpływa przebieg pogody w czasie wegetacji. Na tworzenie plonu mają wpływ przede wszystkim (Mikšík, Vašák 1998):

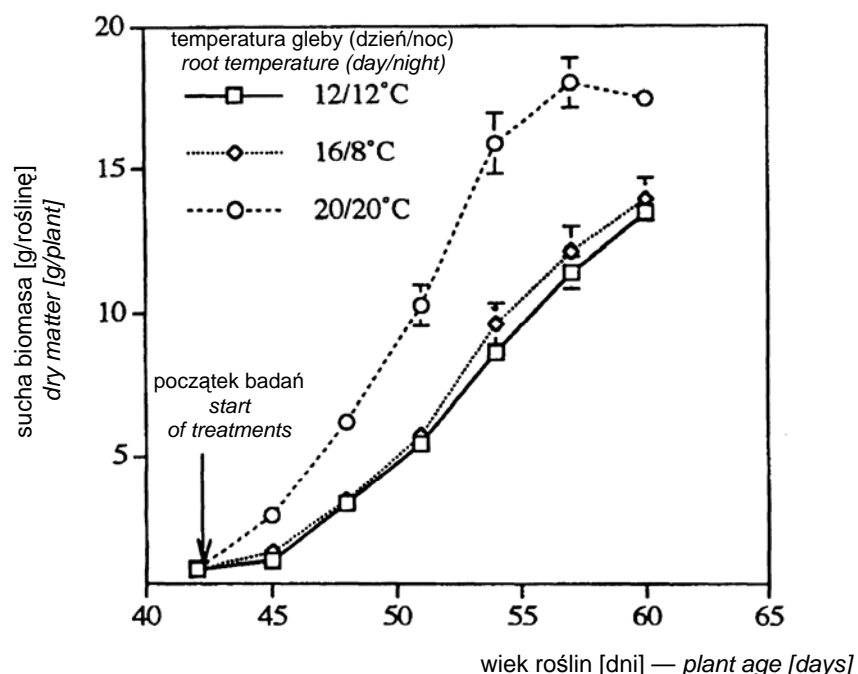
- temperatura (przebieg temperatury rys. 2);
- ilość opadów i ich rozkład;

- intensywność i długość dnia;
- długość okresu trwania okrywy śnieżnej w okresie wegetacyjnym.

Temperatura gleby ma zdaniem wielu autorów (Leine i in.1994, Ali i in.1998) największy wpływ na wzrost rzepaku. Ona też wywiera bezpośredni wpływ na aktywność korzenia.

Obniżenie temperatury w warstwie korzeniowej gleby zwalnia znacznie wzrost rośliny. Można to wytłumaczyć mniejszym pobieraniem składników pokarmowych przez korzeń i słabszym transportem składników pokarmowych do rośliny. Ali i in. (1998) stwierdzili, że przy temperaturze gleby 16/8°C czy 12/12°C (dzień/noc) akumulacja zmniejsza się o 22–28% w porównaniu do temperatury gleby 20/20°C.

Niskie temperatury pod powierzchnią gleby obniżają też transpirację rośliny. W niższych temperaturach obniża się również zawartość cytokiny i gibereliny w tkankach. Wolniejszy przepływ wody w roślinie zwalnia transport substancji mineralnych i fitohormonów (Ali i in. 1998).



Rys. 1. Akumulacja suchej masy przy trzech poziomach temperatury gleby — *Calculated shoot growth of rape plant from transpiration and shoot dry matter harvest ratio as affected by three root temperature regimes. Vertical bars indicate standard errors of the mean*

Przy dalszym oziębianiu gleby wzrasta zawartość NO_3^- w nadziemnej biomacie, spowalniają się bowiem procesy biochemiczne potrzebne na jego utylizację. Obniża się natomiast pobieranie NO_3^- przez korzenie.

Rozwój roślin i ich stan przed zimą zależy od długości okresu wegetacji jesienią. W pracy długość tego okresu jest wyrażona przy pomocy tzw. **sumy efektywnych temperatur**, która wyraża sumę przeciętnych dziennych temperatur ponad 3°C od daty zasiewu (albo od 1 września jeżeli rzepak zasiano wcześniej) do okresu niższych temperatur przed nadejściem mrozu.

Dostatecznie duża suma efektywnych temperatur prowadzi do właściwej akumulacji substancji odżywczych i ich transportu do korzenia. Dla dobrego przezimowania roślin ważne są:

- zapas materiałów w korzeniu rzepaku;
- powolny proces hartowania roślin na niższe temperatury.

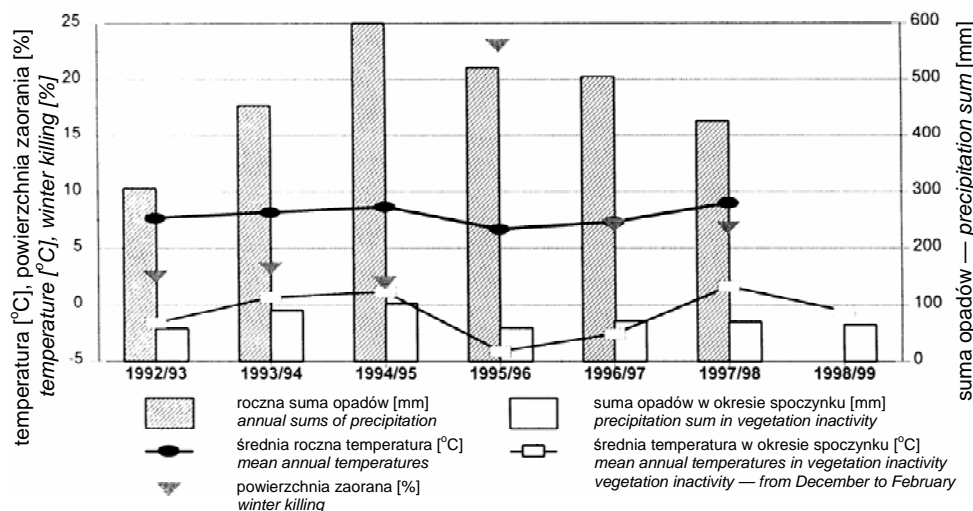
W momencie ukończenia wegetacji przed zimą mierzy się wartość NIR (Nitrogen Index of Roots). Wartość NIR określa przygotowanie roślin do przezimowania — tj. czy w korzeniu jest zakumulowana dostateczna ilość związków azotowych. Parametr wyraża jaki procent azotu pobranego przez roślinę zgromadzony jest w korzeniach. W tej pracy wartość NIR uznaje się za wyjściowy parametr określający potencjalną zimotrwałość roślin.

Metody

W okresie wegetacyjnego spoczynku przebieg temperatury ma decydujący wpływ na przezimowanie ozimin. Na rysunku 2 przedstawiono średnie temperatury i sumy opadów w latach 1992–99.

Po ostrej zimie 1996 roku, kiedy w Republice Czeskiej wymarzło 25% powierzchni rzepaku ozimego, stwierdzono konieczność badań w celu wyjaśnienia co pozwala roślinie jako organizmowi biologicznemu przetrwać okres chłódów i mrozów. W tym celu założono małopoletkowe ściśle doświadczenie na stałym stanowisku (Doświadczalna Stacja CzZU) z odmianą Lirajet.

W dwóch terminach — przed nastaniem zimy i w czasie przedwiośnia — pobrano próbki roślin łącznie z korzeniem ($n = 8$) dla określenia biomasy i zawartości suchej masy. W próbkach roślin oznaczono całkowity azot metodą Kjeldała w 420°C na aparacie Kjeltec Auto 1030 Analyzer.

Rys. 2. Dane meteorologiczne — *Meteorological data*

Wyniki i dyskusja

Spośród czynników, które wywierają wpływ na przezimowanie rzepaku najważniejsze są: wilgotność gleby po wysiewie oraz dostatecznie długi okres przedzimowej wegetacji, podczas której rozwijają się korzenie rzepaku. W tabeli 1 przedstawiono dynamikę wzrostu korzenia rzepaku ozimego przed nastaniem zimy i wczesną wiosną wyrażoną sumą efektywnych temperatur powietrza.

Statystycznie udowodniono ($\alpha = 0,0035$, $r = -0,9965$) istotną współzależność sumy efektywnych temperatur z przezimowaniem (rys. 3), co potwierdza wpływ długości okresu wegetacyjnego przed zimą na przezimowanie.

Suma efektywnych temperatur ma wpływ także na zawartość suchej masy w korzeniach i nadziemnej masie roślin.

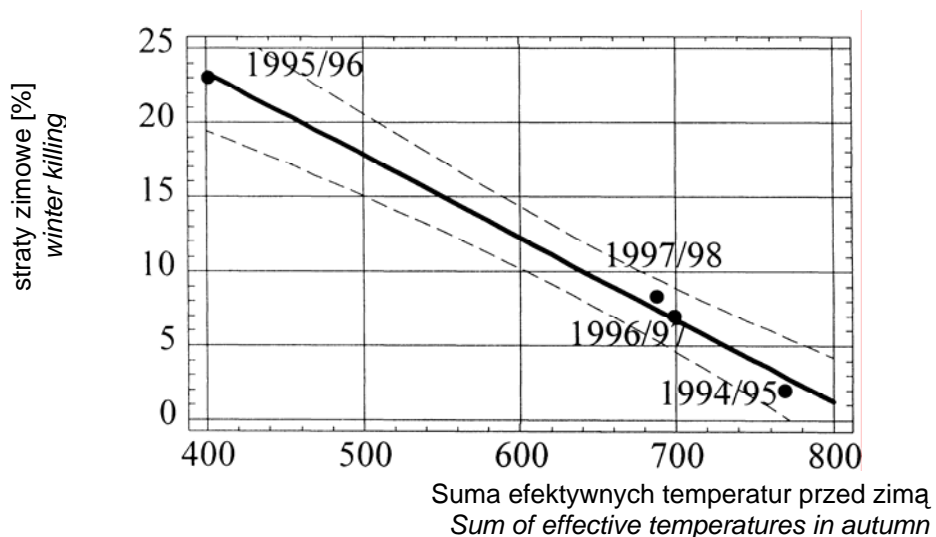
Najważniejszą cechą, która mówi o przygotowaniu roślin do przezimowania jest zawartość suchej masy w korzeniach przed nastaniem zimy. Ze wzrostem zawartości suchej masy w korzeniach zwiększa się stan koncentracji substancji komórkowych, a tym samym i zimotrwałość rośliny (rys. 4 — $\alpha = 0,0228$, $r = 0,9772$).

Oczywiście wyższa zawartość suchej masy wskazuje na zakończenie fizjologicznych procesów wzrostowych i rozwojowych przed nastaniem zimy, a za tym i wyższą odporność na mróz i inne stresowe czynniki pogodowe.

Tabela 1

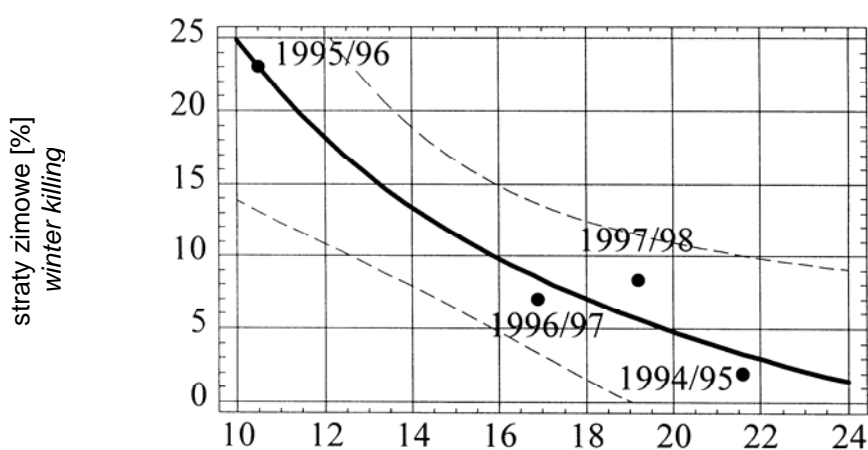
Dynamika wzrostu korzenia rzepaku przed nastaniem zimy i na przedwiośnie
Dynamics of rapeseed root growth before winter period and of early spring

| Data pobrania roślin <i>Date of plants sampling</i> | Liczba roślin <i>No. of plants</i> | Suma efekt. temperatur powietrza <i>Sum of effective air temperatures</i> | Dł. okresu wegetacji jesienią <i>Length of autumn vegetation period [dni]</i> | Sucha masa korzenia <i>Root dry matter</i> | | | Pobranie N przez korzenie <i>N uptake by roots [kg N/ha]</i> | Nadziemna sucha masa <i>Above ground dry matter</i> | | | Pobranie N przez masę nadziemną <i>N uptake above ground dry matter [kg N/ha]</i> | NIR <i>N index of roots [%]</i> | Straty zimowe w Czechach <i>Winter killing in Czech Rep. [%]</i> | Plon w Czechach <i>Yield in Czech Rep.</i> | |
|--|---------------------------------------|--|--|---|---------|----------------------------|---|--|---------|----------------------------|--|------------------------------------|---|---|-----------|
| | | | | [%] | [kg/ha] | [mg/roślina] [mg/plant] | | [%] | [kg/ha] | [mg/roślina] [mg/plant] | | | | [t/ha] | 1995=100% |
| Przed zimą <i>Before winter</i> 6.12.1994 | 65 | 769,7 | 97 | 21,6 | 313 | 482 | 11,0 | 14,3 | 945 | 1454 | 37,1 | 22,9 | | | |
| Przedwiośnie <i>Before spring</i> 21.2.1995 | 67 | | | 21,1 | 388 | 580 | 14,5 | 15,0 | 965 | 1440 | 40,1 | | 2 | 2,62 | 100 |
| Przed zimą <i>Before winter</i> 16.10.1995 | 102 | 401,45 | 46 | 10,5 | 87 | 85 | 2,36 | 7,4 | 1150 | 1127 | 58,7 | 3,87 | | | |
| Przedwiośnie <i>Before spring</i> 26.3.1996 | 54 | | | 13,8 | 220 | 407 | 7,6 | 9,5 | 196 | 363 | 7,59 | | 23 | 2,30 | 87,8 |
| Przed zimą <i>Before winter</i> 29.11.1996 | 82 | 699,05 | 90 | 16,9 | 101 | 123 | 2,86 | 13,4 | 628 | 766 | 25,5 | 10,1 | | | |
| Przedwiośnie <i>Before spring</i> 5.3.1997 | 68 | | | 18,1 | 134 | 197 | 4,34 | 13,2 | 458 | 674 | 18,6 | | 7 | 2,47 | 94,3 |
| Przed zimą <i>Before winter</i> 8.12.1997 | 38 | 688 | 99 | 19,2 | 274 | 721 | 9,59 | 13,6 | 836 | 2200 | 28,93 | 24,9 | | | |
| Przedwiośnie <i>Before spring</i> 3.3.1998 | 49 | | | 18,7 | 377,5 | 770 | 15,02 | 15,8 | 664,5 | 1356 | 29,90 | | 8,3 | 2,57 | 98,1 |
| Przed zimą <i>Before winter</i> 24.11.1998 | 55 | 693 | 85 | 19,8 | 45 | 81 | 1,51 | 15,6 | 264 | 480 | 11,26 | 11,8 | | | |
| Przedwiośnie <i>Before spring</i> 8.3.1999 | 44 | | | 18,3 | 75 | 170 | — | 13,7 | 204 | 464 | — | | — | — | — |



Przerywane linie po obu stronach grubej linii pokazują przedział ufności na poziomie 95%
Thin lines on both sides of the thick one mean confidence limit (on level 95%)

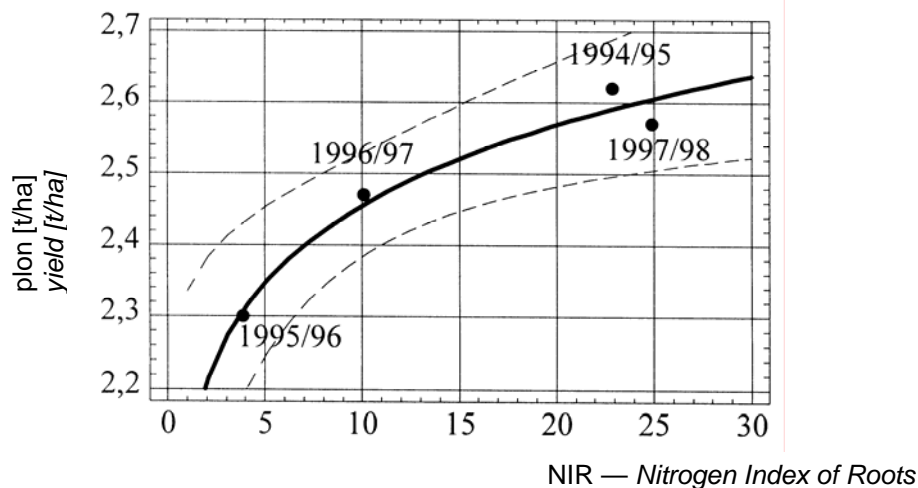
Rys. 3. Liniowy model analizy regresji między sumą efektywnych temperatur przed zimą a stratami zimowymi — *Linear model of regression analysis for sum of effective temperatures before winter killing*



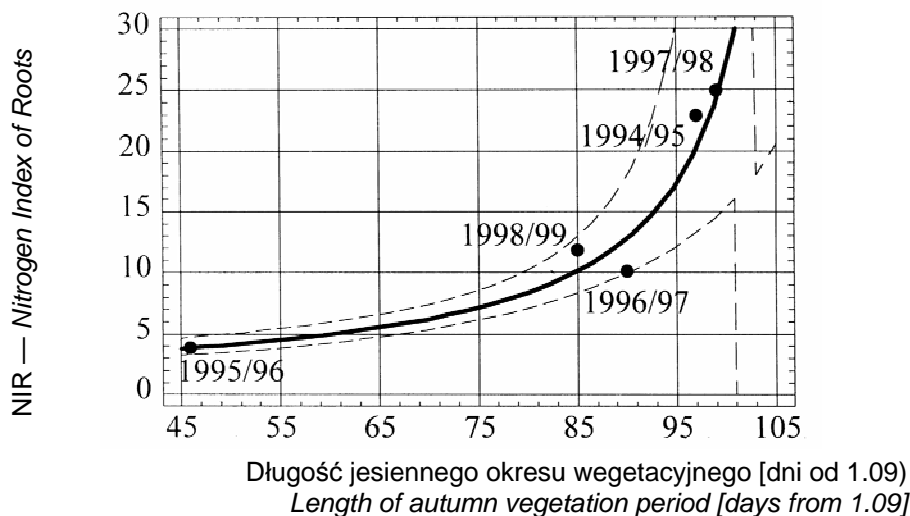
Zawartość suchej masy w korzeniach jesienią
Dry matter content of roots in autumn

Rys. 4. Analiza regresji — *Reciprocal-X model of regression analysis*

Ważną cechą jest również akumulacja azotu przez korzenie oraz udział azotu zakumulowanego w korzeniach w całkowitym pobraniu azotu przez roślinę przed zimą. Tą wartość wyraża tzw. Nitrogen Index of Roots (NIR — wskaźnik azotu z korzeni). W omawianym doświadczeniu stwierdzono istotny statystyczny związek pomiędzy NIR a plonem (rys. 5 $\alpha = 0,0177$, $r = 0,9823$). Indeks akumulacji azotu wzrasta również wraz ze wzrostem długości jesienno- zimowego okresu wegetacji (rys. 6. $\alpha = 0,0013$, $r = 0,9896$).



Rys. 5. Wielokrotna analiza regresji — *Multiple model of regression analysis*



Rys. 6. Analiza regresji — *Reciprocal-Y model of regression analysis*

Wartość NIR potwierdza, że dla przezimowania ważne jest przedzimowe zakumulowanie jak największej ilości substancji odżywczych (azotu) w korzeniu. Zachodzi ścisły związek pomiędzy nagromadzeniem suchej masy w korzeniu, a pobieraniem azotu przez korzeń. W zależności od wartości NIR możemy wyróżnić 3 grupy (pod warunkiem, że liczba roślin przed zimą wynosi 40–100 roślin na m²):

1. NIR ponad 20%

- zdrowe i silne rośliny rzepaku dobrze przygotowane do przezimowania;
- w latach 1994/95 i 1997/98 (tab. 1).

Na plantacji z takim NIR nie dochodzi do redukcji liczby roślin przy pomyślnym przebiegu pogody i przy dostatecznej pokrywie śnieżnej. Zazwyczaj nie dochodzi też do redukcji nadziemnej masy roślin. Mocny system korzeniowy jesienią (około 300 kg suchej masy/ha) pozwala na dobry rozwój wiosenny.

2. NIR od 10 do 20%

- przeciętny;
- dalszy rozwój zależny od przebiegu zimy i zmienności temperatury na przedwiośniu, rośliny mają realną możliwość przezimowania;
- obserwowany w latach 1996/97, 1998/99 (tab. 1).

Na plantacji z takim NIR przy łagodnej zimie dochodzi do redukcji liczby roślin o około 10–15%. Korzenie w takich warunkach wzrostu posiadają jedynie tylko jedną trzecią akumulacji biomasy w porównaniu z poprzednią kategorią.

3. NIR poniżej 10%

- słaby rozwój roślin, często bez korzeni bocznych, w takich przypadkach przezimowanie roślin może być słabe;
- obserwowany w sezonie lata 1995/96 (tab. 1).

Jeśli NIR obniża się do około 5%, zwykle krótkodobowy mróz bez śniegu albo wahania temperatur na wiosnę powodują znaczne straty roślin.

Przy NIR < 10% w czasie zimy rośliny mają słabo wykształcony system korzeniowy. Przyczyną bywa niewłaściwa agrotechnika, późne wschody. Słaby system korzeniowy może także wytworzyć się pod wpływem zwiększonej zawartości N_{min} w okresie przedzimowym, albo na skutek negatywnego wpływu przedsięwzięcia nawożenia. Późne, albo nierównomierne wschody może powodować nie zaorana słoma po przedplonie (Vašák, Fruhauf 1998). Jeśli do słomy dodamy azot, dochodzi po podorywce do stosunkowo szybkiej mineralizacji masy organicznej, a w wyniku tego do zwiększenia N_{min} w warstwie ornej, która zwykle powoduje bujny wzrost nadziemnej biomasy na niekorzyść wzrostu korzenia (Mikšík, Vašák 1998). Słaby wzrost w okresie przedzimowym jest zawsze wynikiem negatywnej działalności wielu czynników.

Wnioski

1. Wyniki pięcioletnich badań pozwalają stwierdzić, że długość przedzimowej wegetacji rzepaku ozimego ma decydujące znaczenie dla osiągnięcia odpowiedniego wzrostu zapewniającego dobre przezimowanie roślin. Suma efektywnych temperatur powyżej $+3^{\circ}\text{C}$ powinna przed zimą wynosić co najmniej 650°C , liczba dni wegetacji od wschodów co najmniej 90 dni.
2. Ważna jest również zawartość suchej masy korzeni, proces stopniowego wzrostu suchej masy przy zahartowaniu rośliny aż do poziomu powyżej 19–20%. Ze stopniowym wzrostem zawartości suchej masy w korzeniach zwiększa się koncentracja substancji odżywczych, a tym samym i zimotrwałość rośliny.
3. Potwierdza się, że rzepak ozimy może przetrwać zimą również po utracie liści, o ile ma dostatecznie wykształcone zdrowe korzenie, które dostarczają ze zgromadzonych zasobów substancji odżywczych do regeneracji w okresie przedwiosennym. Wartość indeksu akumulacji azotu w korzeniach (NIR = Nitrogen Index of Roots) powinna przed zimą wynosić około 20%.
4. Niska suma temperatur i NIR do 10% świadczą o słabym przygotowaniu do przezimowania i możliwych dużych uszkodzeniach. Odwrotnie, suma temperatur ponad 650°C przy NIR wyższym niż 20% pozwalają spodziewać się dobrego plonowania.

Literatura

- Ali I. A., Kafkafi U., Yamaguchi I., Sugimoto Y., Inanaga S. 1998. Response of oilseed Rape Plant to Low Root Temperature and Nitrate: Ammonium Ratios. *Journal of Plant Nutrition*, 21 (7): 1463-1481.
- Laine P., Bigot J., Ourry A., Boucand J. 1994. Effect of low temperature on nitrate uptake, and xylem and phloem flows of nitrogen, in *Secale cereale* and *Brassica napus*. *New Phytol*, 127: 675-683.
- Mikšík V., Vašák J. 1998. Kořeny – klíč k přezimování ozime řepky? *Úroda* 3/98, str. 40-41, ISSN 0139-6013.
- Mikšík V., Vašák J., Balik J. 1998. Kořeny, přezimování a výnosy řepky. *Sborník z 15. vyhodnocovacího semináře Systému výroby řepky*, Hluk 17-19.11.1998, s. 164-169.
- Vašák J., Frühauf P. 1998. Sláma obilovin. In: *Květy olejnin č. 14-15/98*; 2. strana. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin.