

INDEKS ZAZIELENIEŃ LIŚCI (SPAD) PSZENŻYTA OZIMEGO W ZALEŻNOŚCI OD JEGO OBSADY I NAWOŻENIA NPK

Bogusława Jaśkiewicz

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych,
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: kos@iung.pulawy.pl

Streszczenie. W latach 1999-2002 przeprowadzono badania mikropoletkowe z odmianą pszenżyta ozimego Woltario. Uwzględniono poziomy nawożenia: 160, 260 i 360 kg NPK na ha oraz obsadę roślin 100, 200, 300 szt·m⁻². W okresie wegetacji określono odczyty SPAD. Wartości SPAD do fazy kwitnienia przy obsadzie roślin 200 szt·m⁻² wzrastały pod wpływem nawożenia 260, 360 kg NPK na ha. Odczyty SPAD dla odmiany Woltario należy uznać za optymalny w fazie strzelania w źdźbło – 664 i 681 w fazie kłoszenia i kwitnienia

Słowa kluczowe: pszenżyto, odmiana Woltario, SPAD, NPK, obsada roślin

WSTĘP

Pszenżyto ozime reaguje wyjątkowo silnie na nawożenie azotem w porównaniu do innych roślin zbożowych (Rozbicki i Samborski 2001). Niedobór nawozu azotowego roślina sygnalizuje jaśniejszym kolorem liści starszych i żółknięciem na końcach. W krańcowych przypadkach chloroza może obejmować całą roślinę, która w warunkach niedoboru azotu przyspiesza wytworzenie organów generatywnych, produkuje jednak mało kwiatów i wydaje niski plon (Czuba 1979, Mercik 2004). Zwiększenie zaopatrzenia w azot aktywizuje procesy wzrostu. Wojcicka (1994) uważa, że nadmierna dostępność azotu jest zjawiskiem niepożądanym zwłaszcza w późniejszych fazach rozwoju roślin, powoduje obniżenie plonu ziarna w stosunku do masy słomy. Zdaniem Blackmera i Schepersa (1994) wzrastające nawożenie azotem wpływa na zawartość chlorofilu w liściach, ale do pewnych granic. Dalsze jego zwiększanie nie powoduje wzrostu zawartości chlorofilu w żywych komórkach roślinnych.

Ocenę zawartości chlorofilu można dokonać za pomocą przyrządu optycznego zwanego chlorofilometrem, który umożliwia wykonanie oznaczeń bez zniszczenia tkanek roślinnych i informuje o stanie odżywienia roślin azotem. Lemaire i Gastal (1997) zauważyli, że w obrębie zagęszczonego łanu występuje konkurencja o światło i składniki pokarmowe pomiędzy pojedynczymi roślinami. Justes i in. (1994) stwierdzili małe „rozcieńczenie” azotu przy małej biomasy roślin na jednostce powierzchni. Z badań Jaśkiewicz (2002) wynika, że pszenżyto krótkosłome dobrze krzewi się w warunkach rzadkich siewów i wysokim nawożeniu azotowym.

Zakłada się, że intensywne nawożenie NPK zapewni dobry stan odżywienia roślin w czasie wegetacji pszenżyta odmiany Woltario w warunkach gęstych siewów (300 nasion na m⁻²). Celem badań było określenie zmian w stanie odżywienia roślin pszenżyta ozimego odmiany Woltario w okresie wegetacji w zależności od zróżnicowanego nawożenia mineralnego i zagęszczenia roślin.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie mikropoletkowe z pszenżytem odmiany Woltario przeprowadzono w IUNG-PIB w Puławach w latach 1999-2002, na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego o pH 6,0 i wysokiej zasobności w fosfor i potas, w optymalnym terminie siewu dla miejscowych warunków, tj. 20 września. Przedplonem była gorczyca. Badania założono metodą serii niezależnych w trzech powtórzeniach. Pierwszym czynnikiem doświadczenia było nawożenie mineralne. Uwzględniono trzy dawki nawożenia NPK (kg·ha⁻¹) zastosowane przedsięwzięciem oraz w fazie ruszenia wegetacji, strzelania w źdźbło i kłoszenia, oznaczonych wg skali Zadoksa i in. (1974) (tab. 1).

Tabela 1. Schemat stosowania nawożenia mineralnego NPK kg·ha⁻¹

Table 1. Fertilization application method scheme NPK kg ha⁻¹

| Nawożenie Fertilization NPK kg·ha ⁻¹ | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | | |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| | | | Fazy rozwojowe – Growth stages | | |
| | | | przedsięwzięcie pre-sowing | ruszenie wegetacji beginning of vegetation | strzelanie w źdźbło (30*) shooting |
| 160 | 50 | 50 | 40 | 20 | – |
| 260 | 80 | 80 | 60 | 40 | – |
| 360 | 110 | 110 | 80 | 40 | 20 ^{xx} |

x – forma płynna – fluid form.

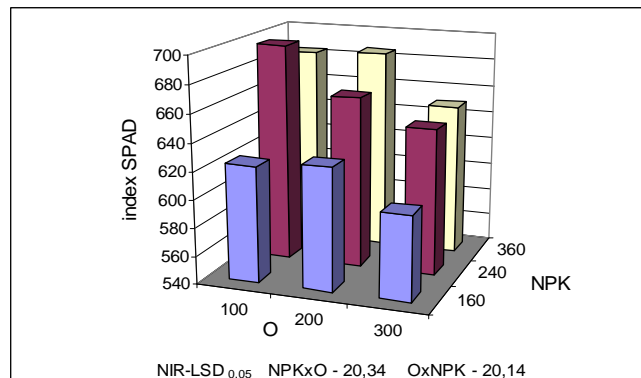
Drugim czynnikiem doświadczenia była obsada roślin po wschodach: 100, 200, 300 roślin·m⁻². W celu zapewnienia zamierzonej obsady roślin na jednostce powierzchni wysiewano po dwa nasiona, po wschodach roślin część ich usuwano, pozostawiając zaplanowaną obsadę roślin. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 1,0 m². Rośliny zabezpieczono przed wyleganiem obwiązując je sznurkiem snopowiązałkowym. Chwasty w zasiewach usuwano ręcznie. Występujące choroby zwalczano stosując fungicydy (Tilt, Tango). W pięciu fazach rozwojowych – krzewieniu, strzelaniu w źdźbło, kłoszeniu, kwitnieniu i dojrzałości pełnej określono stan odżywiania roślin za pomocą odczytów SPAD, wykorzystując N-Tester firmy HYDRO, model SPAD-502 (skala 0-800). Pomiarów wykonano na każdym poletku, na trzydziestu w pełni rozwiniętych liściach według metodyki zalecanej przez producenta (Bezdużniak 1997). Plon ziarna określono w fazie dojrzałości pełnej. Wyniki doświadczeń opracowano statystycznie przy zastosowaniu analizy wariancji. Wartości półprzedziałów ufności wyliczono stosując test Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Przeprowadzono charakterystykę statystyczną dla indeksu SPAD. Zależność pomiędzy plonem ziarna a odczytami SPAD w poszczególnych fazach rozwojowych określono na podstawie równań regresji liniowej.

W latach prowadzenia badań średnia miesięczna temperatura i miesięczna suma opadów w okresie wegetacji była wyższa od średniej z wielolecia. Obfite opady deszczu wystąpiły w lipcu w trzech sezonach wegetacyjnych. W sezonie 2000/2001 przebieg pogody był nieco odmienny od poprzedniego sezonu wegetacyjnego. Od października do końca okresu wegetacyjnego pszenżyta ozimego średnie miesięczne temperatury kształtowały się powyżej przeciętnej, jedynie czerwiec był miesiącem o temperaturze niższej. Opady we wrześniu były większe o 10,8 mm od średniej z wielolecia. Ilość opadów w październiku i listopadzie była znacznie mniejsza niż w wieloleciu, natomiast w grudniu i styczniu większa. Ponowny wzrost opadów nastąpił w marcu i kwietniu. Lipiec obfitował w opady i wyniosły one 139,4 mm.

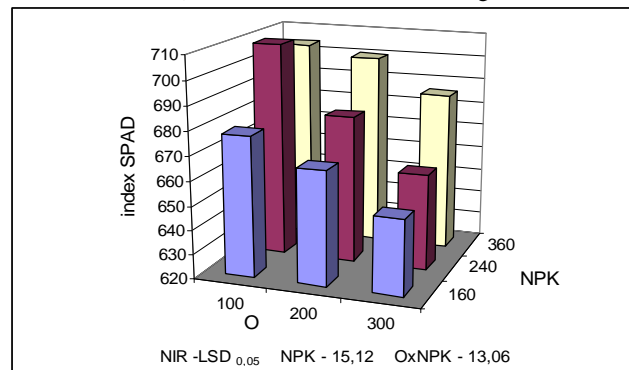
Wrzesień 2001 roku był wyjątkowo obfity w opady (116 mm). Październik, listopad, grudzień i styczeń sezonu wegetacyjnego 2001/2002 charakteryzował się ilością opadów niższą od średniej z wielolecia, natomiast luty, marzec, czerwiec i lipiec wyższą.

WYNIKI I DYSKUSJA

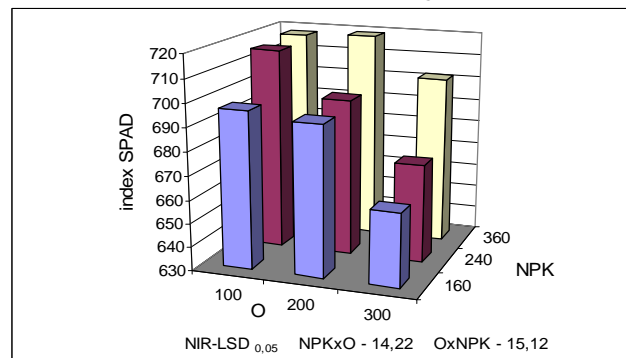
Stwierdzono współdziałanie nawożenia NPK w kg·ha⁻¹ z obsadą roślin na m² w kształtowaniu wartości indeksu zazielenienia liści (SPAD) w fazie strzelania w źdźbło, kłoszenia i kwitnienia. Przy nawożeniu 160 kg NPK·ha⁻¹ dla roślin pochodzących z gęstych siewów stwierdzono najniższe wartości SPAD (rys. 1A).



A) strzelanie w źdźbło – shooting



B) kłoszenie – heading



C) kwitnienie – flowering

Rys. 1. Indeks zazielenienia liści (SPAD) pszenżyta ozimego odmiany Woltario w fazie strzelania w źdźbło (A), kłoszenia (B), kwitnienia (C) w zależności i od nawożenia NPK (kg·ha⁻¹) i obsady roślin (O) (nr·m⁻²)

Fig. 1. Grow green index (SPAD) of winter triticale cv. Woltario in shooting (A), heading (B), flowering (C) phases depending on NPK fertilization (kg ha⁻¹) and plant density (O) (no m⁻²)

Rośliny z obiektów nawożonych dawką 260 kg NPK miały podobną zawartość chlorofilu przy zagęszczeniu 200 i 300 roślin na m^2 i istotnie mniejszą aniżeli rośliny na obiektach o mniejszej obsadzie (100 szt. na m^2). Natomiast przy nawożeniu 360 kg NPK wartości indeksu zazielenienia były podobne i istotnie wyższe przy obsadzie roślin 100 i 200 na m^2 .

W obiektach z najmniejszą obsadą roślin (100 szt· m^{-2}), wartości indeksu zazielenienia były podobne w warunkach zastosowania dawki 260 i 360 kg NPK i istotnie wyższe niż na obiekcie nawożonym dawką 160 kg NPK na ha. Przy obsadzie roślin 200 szt· m^{-2} wzrastała zawartość chlorofilu w roślinie pod wpływem kolejnych dawek NPK. Najmniejsze wartości indeksu zazielenienia liści stwierdzono w warunkach największego zagęszczenia roślin (300 szt· m^{-2}) i niskiego nawożenia NPK (160 kg· ha^{-1}).

W fazie kłoszenia i kwitnienia kierunek zmian w kształtowaniu wartości indeksu zazielenienia liści był podobny (rys. 1 B, C). W obiekcie nawożonym dawką 160 kg NPK· ha^{-1} i obsadzie roślin 300 szt· m^{-2} stwierdzono najniższe wartości SPAD, a przy dawce 260 kg NPK· ha^{-1} zawartość chlorofilu w roślinie istotnie wzrastała wraz z każdym zwiększeniem obsady roślin. Rośliny z obiektów nawożonych dawką 360 kg NPK· ha^{-1} miały podobne wartości indeksu zazielenienia przy obsadzie 100 i 200 szt. na m^2 i istotnie wyższe w stosunku do roślin pochodzących z łąnów bardziej zagęszczonych (300 szt· m^{-2}).

Przy obsadzie roślin 300 szt· m^{-2} pod wpływem dawki 360 kg NPK· ha^{-1} wartości SPAD roślin istotnie wzrosły w porównaniu do nawożenia 160 i 260 kg NPK na ha, między którymi nie stwierdzono istotnych różnic. W obiektach z obsadą roślin 200 szt· m^{-2} każdy wzrost dawki nawożenia NPK przyczyniał się do istotnego wzrostu zawartości chlorofilu w roślinie. Natomiast przy najmniejszej obsadzie roślin (100 szt· m^{-2}) wartości SPAD były podobne przy nawożeniu dawką 260 i 360 kg NPK na ha, ale istotnie wyższe w porównaniu do najniższego nawożenia (160 kg NPK). W łąnach gęstszych prawdopodobnie następuje większe „rozcieńczenie” azotu w roślinach co objawia się niższymi odczytami SPAD. Znajduje to potwierdzenie w badaniach Samborskiego i Rozbickiego (2002). Podobnie Pecio (2002) w swoich badaniach z jęczmieniem browarnym stwierdziła istotnie najwyższe odczyty SPAD przy siewach najrzadszych (200 szt· m^{-2}) i wzrastały one do fazy kłoszenia we wszystkich latach badań. W badaniach własnych wartości SPAD wzrastały do fazy kwitnienia.

Niezależnie od obsady roślin nawożenie mineralne różnicowało zawartość chlorofilu we wszystkich badanych fazach rozwoju oprócz krzewienia (tab. 2). Przy największej dawce 360 kg NPK· ha^{-1} stwierdzono wyższe wartości SPAD w fazach strzelanie w źdźbło, kłoszenia i kwitnienia oraz dojrzałości mleczonej w stosunku do odczytów SPAD wykonywanych w obiekcie z najniższą dawką NPK (160 kg· ha^{-1}). W fazach strzelania w źdźbło, kłoszenia wartości SPAD były

istotnie wyższe przy nawożeniu 260 i 360 niż przy 160 kg NPK·ha⁻¹. Natomiast w fazach kwitnienia i dojrzałości mleczonej istotne różnice w indeksie zazielenienia liści stwierdzono między nawożeniem 160 a 360 kg NPK·ha⁻¹.

Tabela 2. Indeks zazielenienia liści (SPAD) pszenżyta ozimego odmiany Woltario w fazach rozwojowych w zależności od nawożenia NPK i obsady roślin

Table 2. Grow green index (SPAD) of winter triticale cv. Woltario in growth stages depending on NPK fertilization and plant density

| Nawożenie NPK NPK Fertilization (kg·ha ⁻¹) | Faza rozwojowa – Growth stages | | | | |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------------------|
| | krzewienie tillering | strzelanie w źdźbło shooting | kłoszenie heading | kwitnienie flowering | dojrzałość mleczna milk maturity |
| 160 | 657 | 624 | 665 | 684 | 662 |
| 260 | 664 | 669 | 685 | 695 | 672 |
| 360 | 667 | 673 | 696 | 713 | 686 |
| NIR _{0,05} LSD | r.n | 15,3 | 20,5 | 26,0 | 23,0 |
| Obsada roślin na m ² – Plant density per m ² | | | | | |
| 100 | 669 | 668 | 697 | 710 | 688 |
| 200 | 641 | 660 | 684 | 703 | 676 |
| 300 | 646 | 639 | 666 | 678 | 658 |
| NIR _{0,05} LSD | r.n | 19,5 | 11,8 | 11,0 | 9,9 |

Obsada roślin także była czynnikiem powodującym istotne zmiany w indeksie zazielenienia liści z tym, że w fazie krzewienia zawartość chlorofilu w liściach była podobna. Natomiast w fazie strzelania w źdźbło, kłoszenia, kwitnienia i dojrzałości mleczonej wartości odczytów SPAD były istotnie niższe przy obsadzie roślin 300 szt. na m² w porównaniu do obsady roślin 100 szt. na m² (tab. 2). Najwyższe wartości SPAD (697 i 710 jednostek) stwierdzono w fazie kłoszenia i kwitnienia przy obsadzie roślin 100 szt·m⁻².

Zróżnicowanie odczytów SPAD pomiędzy fazami rozwojowymi roślin pszenicy ozimej stwierdzili Fox i in. (1994). Z charakterystyk statystycznych badań własnych wynika, że w analizowanych fazach rozwojowych wartości SPAD wykazywały niskie współczynniki zmienności (tab. 3). Średnie wartości SPAD wahały się od 655 do 697 jednostek, świadczą o tym dobre warunki wzrostu w przeprowadzonych badaniach. Rozbicki i Samborski (2001) przyjęli dla pszenżyta ozimego w warunkach gleb lekkich niższe optymalne wartości SPAD, 470-570 jednostek. Z badań Samborskiego (2002) wynika, że najbardziej precyzyjnej oceny odżywiania roślin azotem można dokonać w stadiach początku strzelania w źdźbło i początku kłoszenia. Optymalne wartości SPAD wynosiły w tych stadiach dla odmiany Bogo 44,7 i 48,7 zaś dla odmiany Fidelio 42,7 i 48,8 jednostek (skala 0-80). Badania Bezdusznika (1997) wskazują, że odczyty SPAD wykonywane w fazie strzelania w źdźbło wykazywały

największą stałość w latach. Krytyczna wartość testu indeksu zazielenia liści, wynosiła dla pszenicy odmiany Almari około 530 jednostek SPAD, pszenżyta Prego 570, a żyta Warko 540.

Tabela 3. Charakterystyka statystyczna indeksu (SPAD) pszenżyta ozimego odmiany Woltario w fazach rozwojowych

Table 3. Statistics of main selected parameters of SPAD index of winter triticale cv. Woltario in growth stages

| Faza rozwojowa Growth stages | Zakres zmienności Range of variability | | Średnia Mean | Odchylenie standardowe Standard deviation | Współczynnik zmienności Variation coefficient (%) |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|-----|-----------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| | min | max | | | |
| Krzewienie – Tillering | 568 | 770 | 662 | 45,30 | 6,8 |
| Strzelanie w źdźbło Shooting | 546 | 746 | 655 | 45,25 | 6,9 |
| Kłoszenie – Heading | 607 | 742 | 682 | 31,63 | 4,6 |
| Kwitnienie – Flowering | 607 | 760 | 697 | 30,56 | 4,4 |
| Dojrzałość mleczna Milk maturity | 611 | 735 | 674 | 26,69 | 4,0 |

Tabela 4. Zależność regresyjna między plonowaniem pszenżyta ozimego (y) odmiany Woltario a indeksem (SPAD) w fazach rozwojowych

Table 4. Regression dependence between yielding of winter triticale cv. Woltario and SPAD index in growth stages

| Faza rozwojowa Growth stages | Równanie regresji Regression equation | R ² |
|------------------------------------|------------------------------------------|----------------|
| Strzelanie w źdźbło – Shooting | $y = -0,089 + 0,002 x$ | 0,15* |
| Kłoszenie – Heading | $y = -0,820 + 0,003 x$ | 0,22* |
| Kwitnienie – Flowering | $y = -1,489 + 0,004 x$ | 0,23* |
| Dojrzałość mleczna – Milk maturity | $y = -1,336 + 0,004 x$ | 0,24* |

* – wartości istotne przy $\alpha = 0,01$ – statistically significant coefficient $\alpha = 0.01$.

W opracowaniu (Jaśkiewicz 2007) stwierdzono istotnie większy plon ziarna pszenżyta odmiany Woltario przy zagęszczeniu roślin 200 szt·m⁻² i nawożeniu 260 kg NPK·ha⁻¹. Dalszy wzrost obsady roślin i nawożenia mineralnego nie różnicowały poziomu plonowania pszenżyta. Wyliczone równania regresji słabo potwierdzają liniową zależność plonu ziarna od indeksu zazielenia liści (tab. 4).

W stosunkowo niewielkim stopniu zmiany indeksu zazielenienia liści wyjaśniają zmiany plonu ziarna, 14,6% w fazie strzelania w źdźbło do 23,7% w fazie dojrzałości mleczej. Wraz ze wzrostem i rozwojem roślin wrastało tempo przyrostu plonu ziarna w zależności od wartości SPAD z tym, że w fazie kwitnienia i dojrzałości mleczej było ono podobne.

WNIOSKI

1. Nawożenia NPK i obsada roślin pszenżyta modyfikowały wartość SPAD w fazach strzelania w źdźbło, kłoszenia i kwitnienia. Zagęszczenie roślin na jednostkę powierzchni zmniejszało, a rosnące dawki nawożenia NPK zwiększały wartości SPAD.
2. Najwyższy plon ziarna stwierdzono przy wartościach odczytów SPAD – 664 jednostek w fazie strzelania w źdźbło i 681 jednostek w fazach kłoszenia i kwitnienia.
3. Wielkość i jakość plonu ziarna pszenżyta można modyfikować poprzez dostosowanie dawek azotu do potrzeb pokarmowych roślin w późniejszych etapach rozwoju na podstawie wartości SPAD.

PIŚMIENNICTWO

- Czuba R., 1979. Nawożenie. PWRiL. Warszawa, 420.
- Bezdużniak D., 1997. Ocena stanu odżywiania pszenicy ozimej na podstawie zawartości chlorofilu metodą optyczną (SPAD). Praca doktorska. IUNG, Puławy.
- Fox R.H., Piekielek W.P., Macneal K.M., 1994. Rusing a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer Leeds of Winter wheat. *Commun. Soil. Sci. Anal.*, 25 (3 i 4), 171-181.
- Blackmer T.M., Schepers J.S., 1994. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25, 1791-1800.
- Jaśkiewicz B., 2002. Określenie wymagań agrotechnicznych nowych odmian pszenżyta ozimego. *Biuletyn IHAR*, 223/224, 151-157.
- Jaśkiewicz B., 2007. Wskaźnik pokrycia liściowego (LAI) pszenżyta ozimego w zależności od jego obsady i nawożenia NPK. *Acta Agrophysica*, Instytut Agrofizyki. Lublin.152, 373-382.
- Justes E., Mary B., Meynard J.M, Mchet J.M., Thelier-Huches L., 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Annals of Botany*, 74, 397-407
- Lemaire G., Gastal F., 1997. N uptake and distribution in plant canopies. In: diagnosis of the nitrogen status in crops. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 3-43.
- Mercik S. (red.), 2004. *Chemia rolna. Podstawy teoretyczne i praktyczne*. Wydawnictwo SGGW. Warszawa, 212-218.
- Pecio A., 2002. Zróżnicowanie odczytów SPAD u browarnej odmiany jęczmienia jarego Rudzik. Nawozy i nawożenie. IUNG, Puławy, 2, 106-116
- Rozbicki J., Samborski S., 2001. Relationshi between SPAD readings and NNI for winter Triticale grown on light soil. 11th Nitrogen Workshop, 9-12 September, Reims. *Book of Abstracts.*, 519-520.

- Samborski S., Rozbicki J., 2002. Przegląd badań nad wykorzystaniem chlorofilometru SPAD-502 do oceny stanu odżywiania roślin azotem. Nawozy i nawożenie. IUNG, Puławy, 2, 123-136
- Samborski S., 2002. Wykorzystanie pomiaru zawartości chlorofilu dla diagnozowania stanu odżywiania azotem roślin pszenżyta ozimego. Praca doktorska, SGGW, Warszawa.
- Wojcieszka U., 1994. Fizjologiczna rola azotu w kształtowaniu plonu roślin. Cz. I. Oddziaływanie azotu na wielkość plonu roślin. Post. Nauk Roln., 1/94, IUNG, Puławy, 127-143
- Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak G.F., 1974. A decimal code for growth stages of cereals. Weed Res., 4, 415-421

SPAD INDEX OF WINTER TRITICALE DEPENDING ON PLANT DENSITY AND NPK FERTILIZATION

Bogusława Jaśkiewicz

Department of Cereal Crop Production,
Institute of Soil Science and Plant Cultivation – National Research Institute
ul. Czartoryskich 8, 24-100Puławy
e-mail: kos@iung.pulawy.pl

Abstract. Microplot experiments with triticale Woltario variety were conducted in the years 1999-2002. Different levels of fertilization: 160, 260 and 360 kg NPK h⁻¹ and different plant densities: 100, 200 and 300 plants m⁻² were taken into consideration. During vegetation period SPAD index was determined. SPAD values taken up to flowering stage at density of 200 plants m⁻² increased under fertilization at 260 and 360 kg NPK ha⁻¹. SPAD values for Woltario variety seem to be optimal at shooting stage - 664 and at heading stage - 681.

Key words: triticale, SPAD index, NPK, plant density, Woltario variety