

Odpowiednia wielkość jednostki eksperymentalnej w doświadczeniach polowych z łubinem żółtym (*Lupinus luteus* L.)

Janusz Gołaszewski i Maria Idźkowska

Zakład Hodowli Roślin i Doświadczalnictwa, ART
Plac Łódzki 3, 10-744 Olsztyn-Kortowo

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki analizy serii doświadczeń bezczynnikowych z łubinem żółtym uprawianym na zieloną masę i nasiona. Odpowiednią wielkość poletka wyznaczono według formuły Hatheway'a, przy czym do oceny wskaźnika zmienności glebowej b zastosowano klasyczny wzór Smith'a. Wskazano na możliwość estymacji parametru b z równania regresji logarytmicznej pomiędzy wielkością poletka a sumą kwadratów zmienności poletek składających się z x poletek jednostkowych.

W doświadczeniach z łubinem żółtym za odpowiednie (w rozumieniu Hatheway'a) można uznać poletka o powierzchni od 2.5 m^2 w 6 powtórzeniach do 7 m^2 w 3 powtórzeniach przy ocenie plonu zielonej masy oraz od 6 m^2 w 6 powtórzeniach do 15 m^2 w 4 powtórzeniach przy ocenie plonu nasion.

1. Wstęp

W doświadczalnictwie polowym istotnym problemem metodycznym, obok wyboru układu doświadczalnego, jest ustalenie właściwych dla konkretnych gatunków roślin uprawnych wielkości poletek. Sposoby rozwiązywania tego zagadnienia zmieniały się wraz z rozwojem metodyki doświadczalnictwa rolniczego.

Pierwsze w Polsce zalecenia oparte na empirii i intuicji podali hodowcy a jednocześnie pionierzy polskiego doświadczalnictwa: Załęski (1927), Barbacki (1935) i Brykczyńska (1947). Prace metodyczne zapoczątkowali w latach 20 i 30-tych Odland i Garber (1928) oraz Imer i Raleigh (1933). Szersze studia nad metodyką doświadczeń polowych dotyczyły wybranych gatunków roślin upraw-

Słowa kluczowe: łubin żółty, jednostka eksperymentalna, optymalna wielkość poletka, odpowiednia wielkość poletka.

nych np. prace Trętowskiego (1975) nad ziemniakiem czy Schustera (1984) nad rzepakami.

W doświadczalnictwie znane są dwa pojęcia: optymalna i odpowiednia wielkość poletka. Podstawy optymalizacji wielkości poletka stworzył Smith (1938), który opublikował pracę, będącą syntezą wyników badań własnych i innych 44 doświadczeń bezczynnikowych z różnymi gatunkami roślin uprawnych. Autor ten sformułował prawo, określane w literaturze jako empiryczne prawo wariacji Smitha, które mówi, że wariancja poletek powstałych z połączenia x poletek jednostkowych (V_x) jest równa ilorazowi wariacji poletek jednostkowych (V_1) i wielkości poletka (x) do pewnej potęgi b .

$$V_x = \frac{V_1}{x^b} \quad (1)$$

Występujący w równaniu parametr b , zwany wskaźnikiem zmienności glebowej, zawiera się w przedziale $\{0,1\}$, a określa stopień korelacji pomiędzy sąsiednimi jednostkami.

Sposobem estymacji tego parametru z różnych typów doświadczeń rolniczych zajmowali się Koch i Rigney (1951) (wyznaczenie b na podstawie analizy wariacji pewnych układów doświadczalnych), Hatheway i Williams (1958) (stosowanie regresji ważonej) oraz Binns (1982) (dla układu losowanych bloków, poprzez wyznaczenie współczynnika korelacji wewnątrzblokowej).

Przy znanej wartości b optymalną wielkość poletka można oszacować na podstawie tzw. kbsztowego prawa Smitha (1938). Jeżeli koszty doświadczenia podzieli się na koszty ponoszone na poletko niezależnie od jego wielkości (K_1) oraz koszty przeliczone na poletko, zwiększające się ze wzrostem wielkości poletka (K_2), to optymalne poletko można wyznaczyć z równania (gdzie x_{opt} jest wielokrotnością poletka o powierzchni jednostkowej).

$$x_{opt} = \frac{bK_1}{(1-b)K_2} \quad (2)$$

Jak dotąd nikt w Polsce nie stosował tego wzoru do oszacowania optymalnej wielkości poletka.

Termin "odpowiednia wielkość poletka" wprowadzony przez Hatheway (1961) zakłada, że jest to najmniejsze poletko, które przy określonej zmienności glebowej (b) zapewnia zadowalającą dokładność doświadczenia, przy założonym z góry prawdopodobieństwie stwierdzenia istotności różnic między średnimi obiektowymi.

$$x^b = \frac{2CV^2(t_1+t_2)^2}{rd^2} \quad (3)$$

gdzie:

x - odpowiednia wielkość poletka (wyrażona w liczbie jednostek podstawowych),

b - wskaźnik zmienności glebowej,

CV - współczynnik zmienności poletek jednostkowych,

t_1 - wartość t Studenta dla współczynnika ufności i odpowiedniej liczby stopni swobody,

t_2 - wartość t Studenta dla prawdopodobieństwa $2(1-P)$, (gdzie P jest prawdopodobieństwem uzyskania istotnych wyników) i odpowiedniej liczby stopni swobody,

r - liczba powtórzeń,

d - dokładność doświadczenia (wyrażenie NIR w % średniej generalnej).

Celem niniejszej pracy jest oszacowanie odpowiedniej wielkości poletka w doświadczeniach z łubinem żółtym.

2. Metodyka badań

2.1. Metodyka doświadczenia

Podstawą badań są wyniki serii wstępnych doświadczeń bezczynnikowych z łubinem żółtym uprawianym na zieloną masę w trzech miejscowościach: SDOO Nikutowo (1979), RZD Łęczany (1980), RZD Pozorty (1980) oraz analogiczne doświadczenie z łubinem żółtym uprawianym na nasiona prowadzone w RZD Łęczany w 1991 roku. Doświadczenia zakładano na glebach lekkich, kompleksu żytniego dobrego. Nasiona wysiewano siewnikiem rzędowym w ilości 100 nasion zdolnych do kiełkowania na 1 m^2 . Przed sprzętem roślin na zieloną masę wyznaczono 200 jednostek eksperymentalnych wielkości 1 m^2 , które pogrupowano w 10 kolumnach i 20 rzędach, natomiast przy sprzęcie na nasiona odpowiednio 1152 jednostki wielkości 1 m^2 , które usytuowano w 24 kolumnach i 48 rzędach. Opisy biometryczne dotyczyły obsady roślin/ m^2 i plonu zielonej masy/ m^2 oraz obsady roślin/ m^2 i masy nasion/ m^2 (odpowiednio dla serii doświadczeń z lat 1979-1980 i doświadczenia prowadzonego w 1991 roku).

2.2. Analiza statystyczna

Analiza statystyczna dotyczyła oszacowania wskaźnika zmienności glebowej oraz odpowiedniej wielkości poletka według formuły Hatheway'a (wzór (3)).

W ocenie wskaźnika zmienności glebowej zastosowano dwie metody:

1. Prawo wariacji Smitha (wzór (1))

Po zlogarytmowaniu obydwu stron wzoru (1), parametr b wyznaczono jako współczynnik regresji logarytmicznej pomiędzy wielkością poletka x (wyrażoną w liczbie jednostek podstawowych) a jego wariancją V_x

$$\log(V_x) = \log(V_1) - b \log(x) \quad (4)$$

2. Koncepcja własna, polegająca na uwzględnieniu w równaniu regresji logarytmicznej sumy kwadratów zmienności poletek jednostkowych (SS_1) oraz sumy kwadratów zmienności poletek składających się z x poletek jednostkowych (SS_x) wyznaczanych według odpowiednich wzorów:

$$\log(SS_x) = \log(SS_1) - b \log(x) \quad (5)$$

$$SS_1 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^x y_{ij}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^x y_{ij})^2}{kx} \quad (6)$$

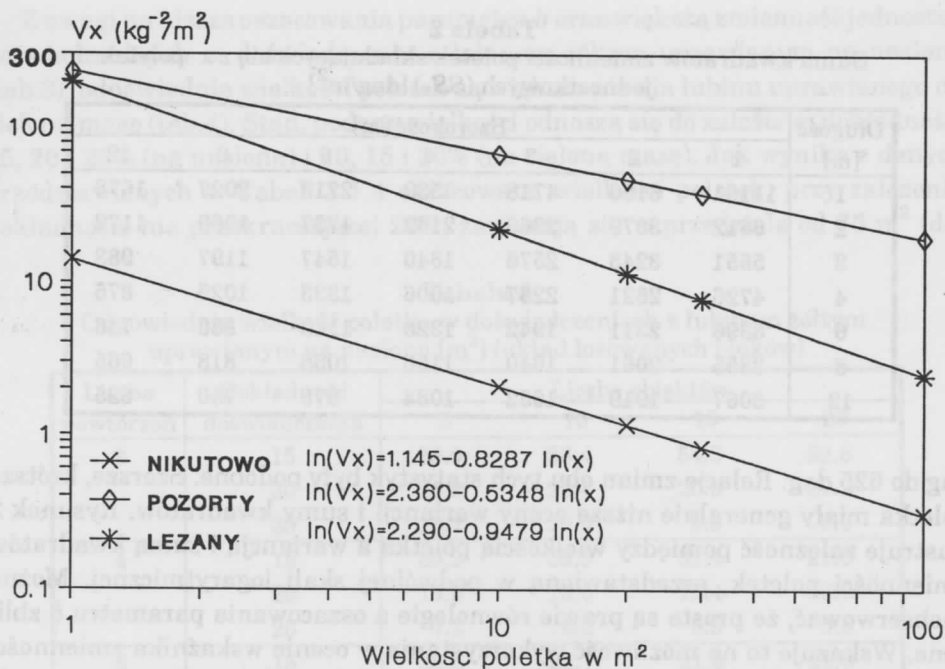
$$SS_x = \sum_{i=1}^k (\sum_{j=1}^x y_{ij})^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^x y_{ij})^2}{kx} \quad (7)$$

gdzie: $i=1, \dots, k$, (k – liczba poletek składających się z x poletek jednostkowych),
 $j=1, \dots, x$, (x – liczba poletek jednostkowych w poletku),
 y_{ij} – plon z poletek jednostkowych.

Odpowiednią wielkość poletka określano przy założeniach: $\alpha = 0.05$, P (prawdopodobieństwo uzyskania istotnych wyników) – 0.8, dokładność doświadczenia (NIR w procentach średniej generalnej) – 10, 15, 20, 25%, CV – 16% (dla plonu zielonej masy) i 21% (dla plonu nasion), liczba powtórzeń 3-6, stopnie swobody błędu dla układu losowanych bloków.

3. Wyniki

Wskaźnik zmienności glebowej w serii doświadczeń uprawianych na zieloną masę zawierał się w przedziale od 0.5348 do 0.9479 (Rys.1). Jednakowo wysokie oceny tego wskaźnika otrzymano dla doświadczenia o najniższej jak i stosunkowo wysokiej zmienności jednostek doświadczalnych (odpowiednio: $CV_{(Nikutowo)} = 6.6\%$, $CV_{(Łęczany)} = 16.7\%$). Potwierdza to tezę Swallowa i Wernera (1986), mówiącą o tym, że wskaźnik zmienności glebowej niejednoznacznie określa zmienność glebową, ponieważ o jego wielkości decyduje nie tylko zmienność glebowa, ale również inne źródła zmienności jednostek doświadczalnych, jak układ warunków klimatycznych czy błędy agrotechniczne popełnione w trakcie prowadzenia doświadczenia. Gradient zmian wariancji odpowiada relacjom pomiędzy wartościami współczyn-



Rys.1. Zależność logarytmiczna pomiędzy wariancją plonu zielonej masy (V_x) a wielkością poletka w doświadczeniach bezczynnikowych z łubinem żółtym

nika regresji (Rys.1). Im mniejsza zmienność coraz większych poletek w stosunku do zmienności poletek jednostkowych, tym większe oceny wskaźnika zmienności glebowej i słabsze skorelowanie sąsiednich jednostek.

W Tabeli 1 zestawiono oszacowania wariancji plonu nasion, a w Tabeli 2 sumy kwadratów zmienności plonu nasion zależnie od liczby jednostek podstawowych w poletku (szerokość \times długość). Wariancja poletek zawierała się w przedziale od 9.69 dag dla jednostki podstawowej do 0.62 dag dla poletek o powierzchni 144m^2 , natomiast suma kwadratów odpowiednio dla wielkości poletek $1-144\text{m}^2$ od 11151

Tabela 1

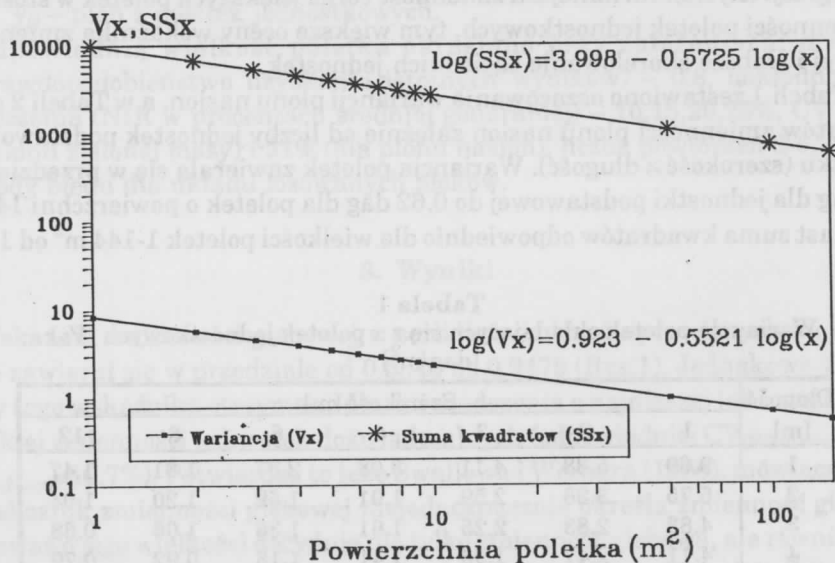
Wariancja poletek składających się z x poletek jednostkowych (V_x)
[dag/ m^2]

| Długość [m] | Szerokość [m] | | | | | | |
|----------------|---------------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 12 |
| 1 | 9.69 | 5.38 | 4.11 | 3.08 | 2.37 | 1.81 | 1.47 |
| 2 | 5.75 | 3.38 | 2.59 | 1.91 | 1.52 | 1.20 | 1.04 |
| 3 | 4.83 | 2.83 | 2.25 | 1.61 | 1.36 | 1.06 | 0.88 |
| 4 | 4.11 | 2.47 | 1.96 | 1.41 | 1.18 | 0.92 | 0.79 |
| 6 | 3.40 | 2.03 | 1.71 | 1.17 | 1.03 | 0.80 | 0.69 |
| 8 | 2.93 | 1.81 | 1.45 | 1.04 | 0.96 | 0.75 | 0.63 |
| 12 | 2.69 | 1.70 | 1.48 | 0.98 | 0.90 | 0.71 | 0.62 |

Tabela 2
Suma kwadratów zmienności poletek składających się z x poletek jednostkowych (SS_x) [dag/m^2]

| Długość [m] | Szerokość [m] | | | | | | |
|-------------|---------------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 12 |
| 1 | 11151 | 6186 | 4718 | 3539 | 2713 | 2027 | 1678 |
| 2 | 6612 | 3879 | 2966 | 2182 | 1737 | 1369 | 1172 |
| 3 | 5551 | 3243 | 2576 | 1840 | 1547 | 1197 | 983 |
| 4 | 4726 | 2821 | 2237 | 1606 | 1333 | 1029 | 875 |
| 6 | 3896 | 2311 | 1942 | 1323 | 1149 | 883 | 746 |
| 8 | 3355 | 2061 | 1640 | 1166 | 1055 | 818 | 665 |
| 12 | 3067 | 1919 | 1652 | 1084 | 978 | 750 | 625 |

dag do 625 dag. Relacje zmian obu tych statystyk były podobne. Szersze, krótsze poletka miały generalnie niższe oceny wariancji i sumy kwadratów. Rysunek 2 ilustruje zależność pomiędzy wielkością poletka a wariancją i sumą kwadratów zmienności poletek, przedstawioną w podwójnej skali logarytmicznej. Można zaobserwować, że proste są prawie równoległe a oszacowania parametru b zbliżone. Wskazuje to na możliwość wykorzystania w ocenie wskaźnika zmienności glebowej sumy kwadratów zmienności poletek i w konsekwencji jego estymację na podstawie analiz wariancji różnych typów doświadczeń polowych, w których uwzględniono liczebności w podklasach (pojedyncze rośliny, mikropoletka).



Rys.2. Regresja logarytmiczna pomiędzy wielkością poletka a wariancją i sumą kwadratów zmienności plonu nasion poletek składających się z x poletek jednostkowych w doświadczeniu beczynnikowym z łubinem żółtym

Z uwagi na niższe oszacowania parametru b oraz większą zmienność jednostek doświadczalnych w doświadczeniu z łubinem żółtym uprawianym na nasiona (tab.3), odpowiednie wielkości poletek są większe niż dla łubinu uprawianego na zieloną masę (tab.4). Stąd, podane wielkości odnoszą się do założonej dokładności 15, 20 i 25% (na nasiona) i 10, 15 i 20% (na zieloną masę). Jak wynika z danych przedstawionych w Tabeli 3 i 4 oszacowane wielkości poletek, przy założeniu dokładności nie przekraczającej 20%, zawierają się w przedziale od 75 m² (do-

Tabela 3

Odpowiednia wielkość poletka w doświadczeniach z łubinem żółtym uprawianym na nasiona [m²] (układ losowanych bloków)

| Liczba powtórzeń | Dokładność doświadczenia | Liczba obiektów | | | |
|------------------|--------------------------|-----------------|------|------|------|
| | | 5 | 10 | 15 | 20 |
| 3 | 15 | 75.0 | 58.4 | 54.5 | 52.8 |
| | 20 | 28.8 | 22.4 | 20.9 | 20.2 |
| | 25 | 13.7 | 10.6 | 9.9 | 9.6 |
| 4 | 15 | 39.9 | 33.9 | 32.4 | 21.8 |
| | 20 | 15.3 | 13.0 | 12.4 | 12.2 |
| | 25 | 7.3 | 6.2 | 5.9 | 5.8 |
| 5 | 15 | 25.5 | 22.7 | 21.9 | 21.6 |
| | 20 | 9.8 | 8.7 | 8.4 | 8.3 |
| | 25 | 4.7 | 4.1 | 4.0 | 3.9 |
| 6 | 15 | 18.0 | 16.4 | 16.0 | 15.8 |
| | 20 | 6.9 | 6.3 | 6.1 | 6.1 |
| | 25 | 3.3 | 3.0 | 2.9 | 2.9 |

Tabela 4

Odpowiednia wielkość poletka w doświadczeniach z łubinem żółtym uprawianym na zieloną masę [m²] (układ losowanych bloków)

| Liczba powtórzeń | Dokładność doświadczenia | Liczba obiektów | | | |
|------------------|--------------------------|-----------------|------|------|------|
| | | 5 | 10 | 15 | 20 |
| 3 | 10 | 46.1 | 37.9 | 35.9 | 35.0 |
| | 15 | 16.0 | 13.2 | 12.5 | 12.2 |
| | 20 | 7.6 | 6.2 | 5.9 | 5.8 |
| 4 | 10 | 28.1 | 24.8 | 23.9 | 23.5 |
| | 15 | 9.8 | 8.6 | 8.3 | 8.2 |
| | 20 | 4.6 | 4.1 | 3.9 | 3.9 |
| 5 | 10 | 19.9 | 18.1 | 17.6 | 17.4 |
| | 15 | 6.9 | 6.3 | 6.1 | 6.1 |
| | 20 | 3.3 | 3.0 | 2.9 | 2.9 |
| 6 | 10 | 15.1 | 14.1 | 13.8 | 13.6 |
| | 15 | 5.3 | 4.9 | 4.8 | 4.7 |
| | 20 | 2.5 | 2.3 | 2.3 | 2.2 |

kładność 15%, 5 obiektów, 3 powtórzenia) do 6.1 m^2 (dokładność 20%, 20 obiektów, 6 powtórzeń) dla doświadczeń z łubinem żółtym uprawianym na nasiona oraz od 46.1 m^2 (dokładność 10%, 5 obiektów, 3 powtórzenia) do 2.2 m^2 (dokładność 20%, 20 obiektów, 6 powtórzeń) przy uprawie na zieloną masę. Za odpowiednie (według formuły Hatheway'a) do oceny plonu nasion można uznać poletka o powierzchni od 6 m^2 w 6 powtórzeniach do 15 m^2 w 4 powtórzeniach, natomiast przy ocenie plonu zielonej masy poletka o powierzchni od 2.5 m^2 w 6 powtórzeniach do 7 m^2 w 3 powtórzeniach. Proponowane wielkości poletek, przy założeniu 20% dokładności, z punktu widzenia praktyki doświadczalnej mogą okazać się niezadowolające. Stąd też, zakładając większą dokładność, należy uwzględnić odpowiednio większe poletka lub zwiększyć liczbę powtórzeń.

4. Wnioski

1. Estymacja wskaźnika zmienności glebowej b na podstawie sum kwadratów zmienności poletek jednostkowych i poletek składających się z x poletek jednostkowych może być wykonana w oparciu o wyniki analiz wariancji różnych typów doświadczeń polowych, w których uwzględniono liczebności w podklasach (pojedyncze rośliny, mikropoletka).

2. W doświadczeniach z łubinem żółtym, za odpowiednie w rozumieniu Hatheway'a, można uznać poletka o powierzchni od 6 m^2 w 6 powtórzeniach do 15 m^2 w 4 powtórzeniach przy ocenie masy nasion oraz od 2.5 m^2 w 6 powtórzeniach do 7 m^2 w 3 powtórzeniach przy ocenie plonu zielonej masy.

LITERATURA

- Barbacki S. (1935). *Ogólna metodyka doświadczeń polowych w zarysie*. Biblioteka Puławska 12.
- Binns M.R. (1982). The choice of plot size in randomized block experiments *J. Amer. Sci. Hort. Sci.* **107**, 9-23.
- Brykczyńska W. (1947). *Wskazówki do przeprowadzania doświadczeń polowych*. Warszawa.
- Hatheway W.H. (1961). Convenient plot size. *Agron.J.* **53**, 279-280.
- Hatheway W.H., Williams E.J. (1958). Efficient estimation of the relationship between plot size and variability of crop yields. *Biometrics* **14**, 207-222.
- Imer F.R., Raleigh S.M. (1933). Further studies of size and shape of plot relation to field experiments with sugar beets. *J. Agric. Res.*
- Koch E.J., Rigney J.A. (1951). A method of estimating optimum plot size from experimental data. *Agron.J.* **43**, 17-21.
- Odland T.E., Garber R.J. (1928). Size of plot and number of replications in field experiments with soybeans. *J. Amer. Soc. Agron.* **20**.

- Schuster W., Bretschneider-Herman N., Zschoche K.H. (1984). Untersuchungen zur Feldversuchstechnik von Winterraps. Versuche zur Teilstückgröße, Teilstückform und zur Zahl der Wiederholungen. *J.Agron.Crop Sci.* **153**, 446-459.
- Smith H.F. (1938). An empirical law describing heterogeneity in the agricultural crops. *J.Agric. Sci.* **3**, 1-23.
- Swallow W.H., Wehner T.C. (1986). Optimum plot size determination and application to cucumber yield trials. *Euphytica* **35**, 421-432.
- Trętowski J. (1975). *Wielkość jednostek doświadczalnych w różnych układach polowych eksperymentów ziemniaczanych*. PWRiL Poznań.
- Załęski E. (1927). *Metodyka doświadczeń rolniczych*. Wydawnictwo Rozpraw Biologicznych. Lwów.

Praca wpłynęła 28 marca 1992;
w wersji ostatecznej 30 września 1992

Convenient plot size in field experiments with yellow lupine (*Lupinus luteus* L.)

Summary

The report presents the results obtained from a series of uniformity trials with yellow lupine for green mass and seed yield cropping. A convenient plot size was estimated according to Hatheway formula whereas a soil heterogeneity index b was established following Smith's formula.

It was determined that parameter b may be estimated on the basis of logarithmic regression equation between the plot size and the sums of heterogeneity squares from plots composed of x experimental units.

Key words: yellow lupine, basic unit, optimum plot size, convenient plot size.