Field Crop Studies (2018) XI(2): 69-80
http://fcs.dai-gt.org/bg/

ISSN: 2535-1133 (Online)
ISSN: 1312-3882 (Print)

ORIGINAL PAPER

Селекционна оценка по съдържание на фотосинтетични пигменти на образци пасищен райграс (*Lolium perenne* L.)

Анелия Кътова[1] • Желязко Вълчинков[1] • Анна Илиева[1]

[1] Институт по фуражните култури, Плевен; ул. ”Генерал Владимир Вазов” 89

Автор за кореспонденция: Анелия Кътова; E-mail: katova66@abv.bg

Breeding assessment by photosynthetic pigments content of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) accessions

Anelia Katova[1] • Jeliyazko Vulchinkov[1] • Anna Ilieva[1]

[1]Institute of Forage Crops, Pleven, “General Vladimir Vazov” str. 89, Bulgaria

Corresponding Autor: Anelia Katova; E-mail: katova66@abv.bg

Received: October 2018 / Accepted: November 2018 /

Published: December 2018 © Author(s)

Abstract

Katova, A., Vulchinkov, J. & Ilieva, A. (2018). Breeding assessment by photosynthetic pigments content of perennial ryegrass (Lolium perenne L.) accessions. Field Crops Studies, XI(2), 69-80.

The aim is to determine the content of photosynthetic pigments (PP) of perennial ryegrass collection and to make a selection of stable genotypes with a high content of total pigments. During the period 2015-2017 in the Institute of Forage Crops (IFC) -Pleven, a collection nursery was studied in non irrigated conditions on leached black soil, by block method in 2 replications of a total of 21 numbers accessions of perennial ryegrass, with 50 individual plants each (15 varieties and 6 ecotypes, 11 tetraploid and 10 diploid, from Bulgaria, Belgium, Romania and China). The content of photosynthetic pigments is determined by fresh plant samples by the method of Zelenskii and Mogileva (1980) and presents average, minimum, maximum values, standard deviations by growths (cuts) and years, total average for the collection. According to Frances and Kannenberg (1978), a breeding assessment was performed through the distribution of genotypes versus the average values for photosynthetic pigments and the coefficient of variation. Photosynthetic pigments content has been found to vary depending on plant species, genotype (variety or ecotype, ploidy level, maturity group) and seasonal variations (growths and years) as well as growing conditions. The highest total PP content is reported in 2016 on average 309.47 mg / 100g

fresh weight (fw) and in 2017 - 284.43 mg / 100g fw. Perennial ryegrass genotypes with a higher PP content were selected from the average annual value for the collection during both years of study: Merlinda, Mara, Melpetra, Iljo, Bekovi rocks and China.

Key words: Perennial ryegrass, Varieties, Ecotypes, Photosynthetic pigments, Selection assessment

Въведение

Английският райграс е една от най-проучваните и ценни пасищни треви на умерения климат в света (Cunningham et al., 1994; Humphreys et al., 2010; Katova, 2005[a]; Katova, 2005[b]; Katova, 2016). В България през последните 20 години в ИФК – Плевен са създадени 3 нови сортове пасищен райграс: ИФК – Хармония (диплоиден), Тетрани и Тетрамис (тетраплоидни) (Katova, 2011, Katova, 2017[a]; Katova, 2017[b]; Katova et al., 2016). Основни лимитиращи фактори за продуктивността на фураж и за качествата за декоративни цели са засушаването и високите летни температури, както и ниски отрицателни зимни температури, при отсъствие на снежна покривка. Един от най-важните фактори, определящи продуктивността на посевите, е процесът на фотосинтеза, чрез който зелените растения натрупват органично вещество и енергия. Фотосинтезата е показател за реакцията на растенията към промените във факторите на външната среда и степента на адаптация към новите условия (Nurmakova, 2013; Smirnova et al., 2013). Поглъщането и трансформацията на слънчевата енергия се осъществява чрез фотосинтетичните пигменти – хлорофили a и b, и каротиноиди. Основен хлорофил е “a”, който обезпечава по-висока ефективност на процеса на превръщане на диоксида на въглерода и водата в органични съединения. Каротиноидите, освен светосъбираща, изпълняват и защитна функция срещу фотоокисление на хлорофилите и предотвратяват деструктивното фотоокисляване на органичните съединения на протоплазмата в присъствие на свободен кислород (Gilmore and Govindjee 1999). Каротеноидите играят важна роля във фотосинтезата и фотозащитата (Domonkos et al., 2013; Niyogi и Truong, 2013; Hashimoto et al., 2016). Стресът, причиняващ стареенето на листата, оказва неблагоприятно въздействие върху продуктивността на биомаса (т. е. добив) от култури, като например фуражни треви, както и естетическото качество на декоративните растения и тревните площи (Munné-Bosch and Alegre, 2004; Czyczyło-Mysza et al., 2013). Пожълтяването на листата, свързано с разпадането на хлорофил, е белег на стареенето на листата и сериозно въздействия върху качеството на чима, а запазването на зеления цвят като отличителна черта, която забавя стареенето им и позволява на растенията да поддържат зеленината в стари листа, е много желан признак за многогодишни треви, отглеждани като

ISSN: 2535-1133 (Online)
ISSN: 1312-3882 (Print)

декортивни или за фураж (Bin et al., 2018). За оценка селективността на хербициди за вегетационно приложение при многогодишни житни фуражни култури Marinov-Serafimov et al. (2017) установяват, че може да се използва определянето на съдържанието на фотосинтетични пигменти на 21 ден след тренирането. Адаптивните способности на пигментния комплекс на новите сортове се изразяват в увеличение съдържанието на хлорофил b при условия на висока слънчева радиация, а така също и на хлорофил а и каротиноиди при недостаточна влагообезпеченост, което позволява на растенията да формират добив независимо от въздействието на стресови фактори с различна сила (Zelenskii and Mogileva,1980; Sun et al., 2018).

Целта е да се определи съдържанието на фотосинтетични пигменти (ФП) на колекционни образци пасищен райграс и се извърши отбор на стабилни генотипове с високо съдържание на общи пигменти.

Материали и методи

През есента на 2015 г. в опитното поле на ИФК е заложен колекционен питомници (КП) с общо 21 образци пасищен райграс (*Lolium perenne* L.), включващ 15 сортове и 6 екотипове; по произход – български – 9, белгийски – 9, румънски – 2 и китайски – 1; по плоидност – 10 диплоидни и 11 тетраплоидни, с индивидуално разположение на растенията, чрез разсад, при разстояние 50/50 cm, (всеки образец е представен от 50 индивидуални растения - 25 за фураж и 25 – за семена). През вегетацията ежегодно е извършвано двукратно индивидуално подхранване на растенията с по 60 kg N ha^{-1} а.в. под формата на амониева селитра (NH_4NO_3) пролетно и есенно. Опитите са изведени при неполивни условия. Прибирането на зелената маса е извършено индивидуално чрез ръчно покосяване със сърп на височина 5-7 cm. Първото прибиране е във фаза начало на изкласяване, според групите на зрелост, а следващите отави – приблизително на 4 седмичен интервал. Показателите са отчитани през втора и трета година от залагане на колекцията. Ежегодно са реализирани различен брой откоси за различните колекционни образци пасищен райграс през 2016 г. 2 (№15), 3 (№ 11, 12, 13,14, 17, 31, 32, 33, 34) или 4 откоса (№1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,16), а през 2017 г., 3 (№33), 4 (№1,5,6,7,15,31,32,34) или 5 откоса (№ 2,3,4,8,9,10,11,12,13,14,16 и 17);

Химични анализи: В свежи растителни проби от всеки образец по откоси и години е определено общото съдържание на пластидни пигменти (хлорофили а и b и каротиноиди) (mg/100 g Fresh Weight - /fw/) по метода на Zelenskii and Mogileva (1980). Методът се основава на екстракция в 96 %-ен етанол за 5-7 дневен период на тъмно и отчитане на Спекол 11 (Carlzeiss Jena). *Статистическа обработка на данните:* Компютърната обработка

на данните (чрез Excel, при P=0,05) включва дисперсионен анализ. Данните за ФП са характеризирани с: гранични стойности (min и max), средна аритметична (x), стандартно отклонение (SDEV) и коефициент на вариране (CV, %). Варирането се счита за слабо, средно или силно при стойности на CV, съответно: до 10%; >10-20%, и >20 % (Dimova and Marinkov, 1999). По Fransis and Kannenberg (1978) с параметри средно съдържание на ФП и среден вариационен коефициент са отбрани генотипове, превишаващи средните стойности за колекцията в двете последователни години. Като основен критерий при отбора на елитни генотипове са използвани средните аритметични стойности по съдържание на ФП на фураж зелена маса, % и CV, %.

Резултати и обсъждане

Установено е, че съдържанието на ФП при многогодишни житни треви варира в зависимост от растителния вид, генотипа (сорт или екотип, плоидно ниво, група на зрялост) и сезонни различия (подрасти и години), както и от условията на отглеждане (торене, суша, студ, ниски и високи температури и др.).

Средните стойности за съдържание на ФП за 2016 г. при пасищен райграс са по-високи в сравнение с тези от 2017 г. – 309,47 mg / 100g fw и 284,43 mg / 100g fw, съответно (Таблица 1 и 3). Наблюдава се силно вариране по подрасти и генотипове.

През 2016 г. втори и първи подрасти са с най-високо средно съдържание на ФП – 365,32 и 317,78 mg / 100g fw, а трети и четвърти с по-ниско – 294,16 и 245,51 mg /100g fw. Максималната стойност за ФП е 465,52 и 455,96 mg /100g fw за Strandja и Iljo, съответно (Таблица 1). Най-силно вариране на стойностите за ФП между генотиповете се наблюдава във трети подраст 26,91%, а средногодишно 24,57%. Marinov-Serafimov et al. (2017) съобщават за 194,90 – 280,56 mg / 100g fw съдържание на ФП при изпитване на селективността на хербициди в семепроизводни посеви на пасищен райграс. Ilieva and Vasileva (2016) установяват при първи подраст на пасищния райграс подобни стойности за съдържание на фотосинтетични пигменти (332,19 mg/100 g FW).

През 2017 г. тенденцията е различна в низходящ ред – за трети подраст 324,50 и четвърти 302,73 mg / 100g fw са най-високите средни стойности, следвани от втори и първи, а пети подраст е с най-ниско съдържание на ФП. За подобна тенденция съобщат Ilieva and Katova (2017) при проучване на самостоятелни и смесени посеви на сортове пасищен райграс и люцерна и установяват най-високо общо съдържание на пластидни пигменти, както при самостоятелни посеви на двете култури, така и при техните смески при трети подраст.

ISSN: 2535-1133 (Online)
ISSN: 1312-3882 (Print)

Таблица 1. Общо съдържание на фотосинтетични пигменти (mg/ 100 g fw) на образци пасищен райграс за 2016 г.

Table 1. Total photosynthetic pigments content (mg/ 100 g fw) of perennial ryegrass accessions in 2016

N	Образец Accession	Общо съдържание на фотосинтетични пигменти Total photosynthetic pigments content (mg/ 100 g fw)					CV,%
		I cut	II cut	III cut	IV cut	average	
1	Sokolare	317,37	400,08	341,04	203,18	315,42	26,16
2	Harmoniya	242,01	406,12	305,07	214,66	291,97	29,11
3	Tetramis	337,32	342,68	287,34	254,08	305,36	13,85
4	Strandja	461,52	386,56	358,38	325,41	382,97	15,15
5	Tetrany	261,93	345	327,72	224,72	289,84	19,41
6	Mara	294,51	349,76	336,12	261,2	310,40	13,00
7	Ravnogor	268,53	321,6	345,24	235,06	292,61	17,09
8	Topolovgrad	228,96	367,2	342,9	275,4	303,62	20,79
9	Merlinda	230,55	370,16	380,67	300,39	320,44	21,76
10	Roy	300,78	311,68	328,65	254,04	298,79	10,70
11	Meltador	311,79	296,25		156,14	254,73	33,66
12	Meracoli	309,3	330,72		214,58	284,87	21,70
13	Melpetra	369,39	439,48		177,08	328,65	41,34
14	Floris	315,96	366,27		240,2	307,48	20,64
15	Iljo		455,96		248,96	352,46	41,53
16	Bekovi skali	412,16	370,64	356,64	294,99	358,61	13,53
17	CHINA	392,48	393,68	282,3		356,15	17,96
31	Magura	303,09	348,48	196,02		282,53	27,71
32	Ravnogor	282,75	323	234,42		280,06	15,84
33	Melverde	279,98	350,04	81,06		237,03	58,87
34	Merkem	435,24	396,36	202,92		344,84	36,08
averge		**317,78**	**365,32**	**294,16**	**242,51**	**309,47**	**24,57**
min		228,96	296,25	81,06	156,14	237,03	10,70
max		461,52	455,96	380,67	325,41	382,97	58,87
STDEV		65,93	40,68	79,17	44,67	35,50	12,03
CV,%		**20,75**	**11,14**	**26,91**	**18,42**	**11,47**	**48,97**

В четвъртия и петия подрасти съдържанието на пластидни пигменти при всички варианти намалява. Средните данни за пет подраста показват, че стойностите на съдържанието на хлорофили a и b, каротиноиди и

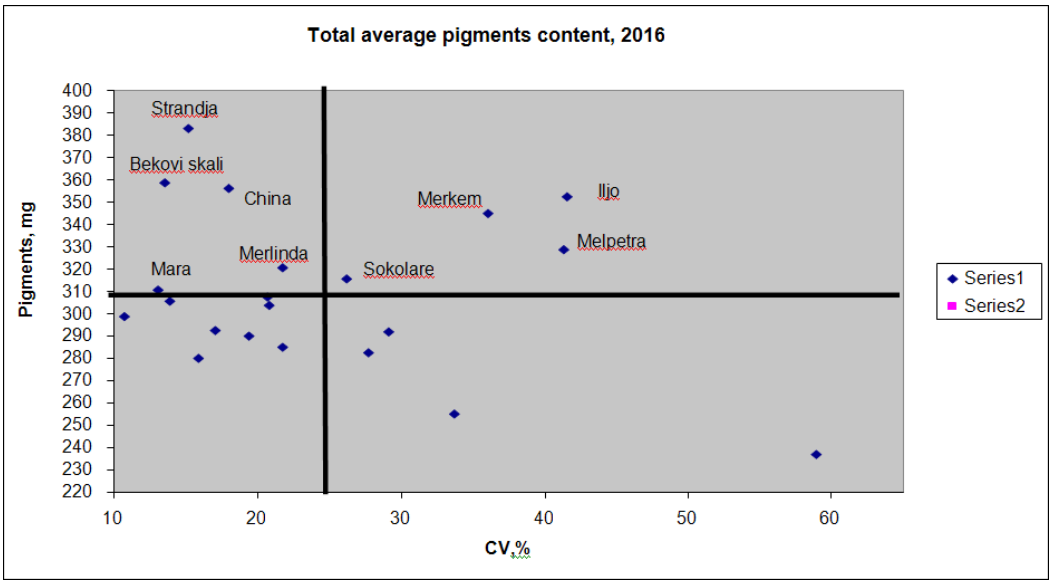
респективно общото съдържание на пластидни пигменти са близки, както при самостоятелни посеви на сортовете пасищен райграс и люцерна, така и при техните смески. Общото съдържание на пластидни пигменти е между 292.18 mg/100g fr. wt. и 347.07 mg/100g fr. wt. (Ilieva and Katova, 2017). Смеската NBG + Дара е с най – високо общо съдържание на пластидни пигменти–347.07 mg/100g fr wt. Максималната стойност за ФП за 2017 г. е 450,60 mg / 100g fw за българския екотип Ravnogor (Таблица 3).

Таблица 2. Ранжиране в низходящ ред по средни стойности на общо съдържание на фотосинтетични пигменти mg/ 100 g fw) на образци пасищен райграс и вариационни коефициенти за 2016 г.

Table 2. Ranking in descending order by ttotal average pigments content, mg/ 100 g fw for perennial ryegrass accessions and CV, % in 2016

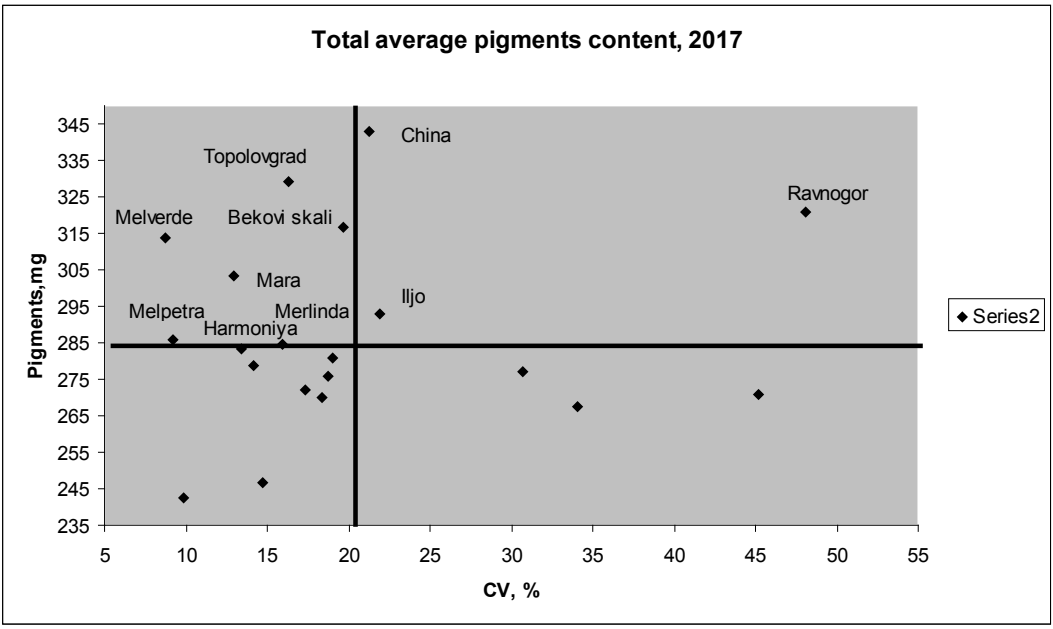
Образец	average	CV,%	Rank
Strandja	382,97	15,15	1
Bekovi skali	358,61	13,53	2
CHINA	356,15	17,96	3
Iljo	352,46	41,53	4
Merkem	344,84	36,08	5
Melpetra	328,65	41,34	6
Merlinda	320,44	21,76	7
Sokolare	315,42	26,16	8
Mara	310,40	12,99	9
average	**309,47**	**24,57**	
Floris	307,48	20,64	
Tetramis	305,36	13,85	
Topolovgrad	303,62	20,79	
Roy	298,79	10,69	
Ravnogor	292,61	17,09	
Harmoniya	291,97	29,11	
Tetrany	289,84	19,41	
Meracoli	284,87	21,69	
Magura	282,53	27,71	
Ravnogor	280,06	15,84	
Meltador	254,73	33,66	
Melverde	237,03	58,87	

ISSN: 2535-1133 (Online)
ISSN: 1312-3882 (Print)



Фигура 1. Разпределение на образците пасищен райграс по съдържание на ФП за 2016г.

Figure 1. Distribution of perennial ryegrass accessions according to PP content in 2016



Фигура 2. Разпределение на образците пасищен райграс по съдържание на ФП за 2017г.

Figure 2. Distribution of perennial ryegrass accessions according to Plastid Pigments content in 2017

На Фигура 1 е представено разпределението на образците за 2016 г. по съдържание на ФП и CV, %. В първи квадрант са стабилните образци с високо съдържание на ФП – 5 броя и от тях 2 са тетраплоидни, а във втори квадрант са образците с високо съдържание на ФП, но с висок коефициент на вариация, т.е. нестабилни – 4 броя.

Таблица 3. Общо съдържание на фотосинтетични пигменти (mg/ 100 g fw) на образци пасищен райграс за 2017 г.

Table 3. Total photosynthetic pigments content (mg/ 100 g fw) of perennial ryegrass accessions in 2017

Образец Accession	Общо съдържание на фотосинтетични пигменти (mg/ 100 g fw)						CV,%
	I cut	II cut	III cut	IV cut	V cut	average	
Sokolare	175,22	144,86	259,41	287,97	226,08	218,71	26,91
Harmoniya	306,81	232,89	275,85	318,06		283,40	13,45
Tetramis	220,71	246,33	275,37	288,33	201,7	246,49	14,71
Strandja	422,4	251,67	334,59	91,16	254,73	270,91	45,19
Tetrany	275,64	239,19	337,62	235,8		272,06	17,38
Mara	255,93	348,66	291,54	317,43		303,39	12,96
Ravnogor	238,65	256,29	257,73	256,96	202,18	242,36	9,83
Topolovgrad	352,17	311,07	301,77	410,01	271,23	329,25	16,28
Merlinda	244,44	241,29	283,92	300,99	351,51	284,43	15,95
Roy	334,62	235,71	349,62	317,79	146,92	276,93	30,68
Meltador	198,78	172,78	381,48	343,68	240,6	267,46	34,07
Meracoli	246,99	241,92	339,45	302,13	218,76	269,85	18,34
Melpetra	304,53	304,26	279,84	297,84	242,44	285,78	9,18
Floris	220,08	290,46	304,98	299,52		278,76	14,20
Iljo	265,68	238,73	403,68	286,62	269,88	292,92	21,94
Bekovi skali	303,99	236,91	384,15	341,28		316,58	19,71
CHINA	243,18	406,29	387	334,38		342,71	21,30
Magura	203,25	325,08	297,24	297		280,64	18,98
Ravnogor	98,75	343,41	390,24	450,6		320,75	48,13
Melverde	282,27	328,05	331,5			313,94	8,75
Merkem	248,82	229,5	347,49	277,02		275,71	18,74
average	**259,19**	**267,87**	**324,50**	**302,73**	**238,73**	**284,43**	**20,79**
min	98,75	144,86	257,73	91,16	146,92	218,71	8,75
max	422,40	406,29	403,68	450,60	351,51	342,71	48,13
STDEV	67,78	61,14	46,29	69,19	51,69	29,67	10,77
CV,%	**26,15**	**22,82**	**14,26**	**22,86**	**21,65**	**10,43**	**51,81**

ISSN: 2535-1133 (Online)
ISSN: 1312-3882 (Print)

Общо 9 образци пасищен райграс представляват интерес за отбора: Strandja, Bekovi skali, CHINA, Iljo, Merkem, Melpetra, Merlinda, Sokolare, Mara (Таблица 2).

Таблица 4. Ранжиране в низходящ ред по средни стойности на общо съдържание на фотосинтетични пигменти (mg/ 100 g fw) на образци пасищен райграс и вариационни коефициенти за 2017 г.

Table 4. Ranking in descending order by ttotal average pigments content, mg/ 100 g fw for perennial ryegrass accessions and CV, % in 2017

Образец Accession	Ttotal average pigments content, mg/ 100 g fw	CV,%	Rank
CHINA	342,71	21,30	1
Topolovgrad	329,25	16,28	2
Ravnogor	320,75	48,13	3
Bekovi skali	316,58	19,71	4
Melverde	313,94	8,75	5
Mara	303,39	12,96	6
Iljo	292,92	21,94	7
Melpetra	285,78	9,18	8
average	**284,43**	**20,79**	
Merlinda	*284,43*	*15,95*	9
Harmoniya	*283,40*	*13,45*	10
Magura	280,64	18,98	
Floris	278,76	14,20	
Roy	276,93	30,68	
Merkem	275,71	18,74	
Tetrany	272,06	17,38	
Strandja	270,91	45,19	
Meracoli	269,85	18,34	
Meltador	267,46	34,07	
Tetramis	246,49	14,71	
Ravnogor	242,36	9,83	
Sokolare	218,71	26,91	

На Фигура 2 и Таблица 4 общо 10 образци превишават или се доближават до средната стойност за ФП за колекцията от пасищен райграс за 2017 г., както следва: CHINA, Topolovgrad, Ravnogor, Bekovi skali, Melverde, Mara, Iljo, Melpetra, Merlinda, Harmoniya.

Отбрани са генотипове пасищен райграс с по-високо съдържание от средногодишната стойност за колекцията и през двете години на проучването: Merlinda, Mara, Melpetra, Iljo, Bekovi skali и China (Фигура 1 и 2). Отбраните

генотипове пасищен райграс с високо и стабилно съдържание на ФП са сортове–диплоидни и тетраплоидни и екотипове – диплоидни.

В заключение, въпреки големите колебания във ФП, дължащи се на факторите на околната среда и фенофазите на растенията, има генетични вариации вътре и между популации за този признак, които биха могли да бъдат използвани за селекция.

Изводи

Установено е, че съдържанието на ФП варира в зависимост от генотипа (сорт, екотип, плоидно ниво, група на зрялост) и сезонни различия (подрасти и години). Най-високо общо съдържание на фотосинтетични пигменти се отчита през 2016 г. средно 309,47 mg/ 100g Fr.w., а през 2017 г. 284,43 mg/ 100g Fr.w. Отбрани са генотипове пасищен райграс с по-високо съдържание на фотосинтетични пигменти от средногодишната стойност за колекцията и през двете години на проучването: Merlinda, Mara, Melpetra, Iljo, Bekovi skali и China.

Литература
References

Bin, X., Hui, L., Yu, L., Guohui, Y., Jing Z. & Bingru, H. (2018). Characterization and transcriptional regulation of chlorophyll b reductase gene Non-yellow coloring 1 associated with leaf senescence in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), Environmental and Experimental Botany, 149, 43-50.

Cunningham, P.J., Blumenthal, M.J., Anderson, M.W., Prakash, K.S. & Leonforte, A. (1994). Perennial ryegrass improvement in Australia, New Zealand Journal of Agricultural Research, 37(3), 295-310, DOI: 10.1080/00288233.1994.9513068

Czyczyło-Mysza, I., Tyrka, M., Marcińska, I., Skrzypek, E., Karbarz, M., Dziurka, M., Huara, T., Dziurka, K. & Quarrie, S.A. (2013). Quantitative trait loci for leaf chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll and carotenoid contents in relation to biomass and yield in bread wheat and their chromosome deletion bin assignments. Mol. Breed. 32(1), 189–210.

Dimova, D. & Marinkov, E. (1999). Opitno delo i biometria, Acad. Izdatelstvo na VSI Plovdiv, 263, 137-138.(Bg)

Domonkos, I., Kis, M., Gombos, Z. & Ughy, B. (2013). Carotenoids, versatile components of oxygenic photosynthesis. Prog. Lipid Res. 52: 539–561.

Francis, T.R. & Kannenberg, L.W. (1978). Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. Canadian Journal of Plant Science, 58(10), 1029-1034.

Gilmore, A. & Govindjee, M. (1999). How higher plant respond to excess light:

energy dissipation in photosystem II. In: Singhal, G. S. G. Renger, S. K. Sopory, K. D. Irrgang, Govindjee Eds.) Concepts in photobiology: photosynthesis and photomorphogenesis. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 513-518.

Hashimoto, H., Uragami, C. & Cogdell, R.J. (2016). Carotenoids and photosynthesis. Subcell. Biochem. 79: 111–139.

Humphreys, M.W., Feurstein, U., Vandewalle, M. & Baert, J. (2010). Raygrasses, In: B. Boller et al. (eds.) *Fodder Crops and Amenity Grasses*, Handbook of Plant breeding 5, Springer Science Business Media, 211 – 260.

Ilieva, A. & Katova, A. (2017). Plastid Pigments and Water Soluble Carbohydrates Content in Perennial Ryegrass, Grown in pure stand or in mixtures with Lucerne, 2017 Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, ISNN 1311-0489, Vol. 20, 1, 148 – 158.

Ilieva, A. & Vasileva, V. (2016). Plastid pigments content and nitrogen in dry mass yield in some mixtures. Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 19(1), 61-77.

Katova, A. (2005[a]). Study of morphological traits, biological properties and agricultural value of plant germplasm of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) with a view to breeding, *Thesis for Doctor* (PhD), Pleven, 141p. (Bg)

Katova, A. (2005[b]). Evaluation of Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.) Local Populations: Forage and Seed Productivity, Plant Science, 42, 80– 85, Vol. XLII, № 1

Katova, A. (2011). New perennial ryegrass variety (*Lolium perenne* L.) IFK Harmoniya. Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 14(4): 721-739, 2011

Katova, A. (2016). Species and varieties of perennial grasses for high quality forage in Bulgaria, China, Harbin, 2015, Chinese Journal, Heilongjiang Agricultural Sciences, No.1, 2016 , 138-145.

Katova, A. (2017[a]). Tetrany - The First Bulgarian Tetraploid Perennial Ryegrass Variety (*Lolium perenne* L.), Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, ISNN 1311-0489, Vol. 20, 1, 110-122.

Katova, A. (2017[b]). Tetramis – New Tetraploid Perennial Ryegrass Variety, Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, ISNN 1311-0489, Vol. 20, 1, 123 – 134.

Katova, A., Baert, J. & Reheul, D. (2016). Comparative characteristics of newly developed perennial ryegrass varieties in Bulgaria, Breeding in a World of Scarcity: Proceedings of the 2015 Meeting of the section of "Fodder crops and amenity grasses" of Eucarpia, Ghent, edited by Isabel Roldán-Ruiz, Joost Baert, Dirk Reheul, Springer, Switzerland, 2016, 35-40. DOI 10.1007/978-3-319-28932-8, Print ISBN 978-3-319-28930-4, Online ISBN 978-3-319-28932-

8, Publisher Springer International Publishing, Copyright Holder Springer International Publishing Switzerland

Marinov-Serafimov, P., Golubinova, I., Ilieva, A. & Stamatova, M. (2017). Changes in the content of plastid pigments in above-ground biomass of annual and perennial forage grasses after herbicides application, Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2017, 20 (5), 107-122 ISSN 1311-0489 (Print), ISSN 2367-8364 (Online)

Munné-Bosch, S. & Alegre, L. (2004). Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. Funct. Plant Biol. 31, 216.

Niyogi, K.K., & Truong, T.B. (2013). Evolution of flexible nonphotochemical quenching mechanisms that regulate light harvesting in oxygenic photosynthesis. Curr. Opin. Plant Biol. 16:307–314.

Nurmakova, J. (2013). Photosynthetic characteristics of sorghum, soybean and mixed crops in agro-ecosystems. Natural Sciences, 2, 196-201. (Ru).

Smirnova, E., Rechetnikova, V., Makarova, T. & Karavaeva, G. (2013). Features of cenose relations in pure and in mixed sward of *Mellilotus officinalis* L..Proceedings of the Samara scientific center of RAS, vol. 15, 3, 793-795. (Ru).

Sun, T., Yuan, H., Cao, H., Yazdani, M., Tadmor, Y., & Li, L. (2018). Carotenoid Metabolism in Plants: The Role of Plastids. Mol. Plant. 11, 58–74.

Zelenskii, M. & Mogileva**,** G. (1980). Methodological instructions. Comparative evaluation of photosynthetic ability of agricultural crops by photochemical activity of chloroplasts - Leningrad: VIR, 36-37 (Ru).