

## Оценка на разнообразието на форми грах (*Pisum sativum* L.) с направление за зелена маса от колекцията на И Р Г Р- Садово

Мария Събева

Селскостопанска академия, Институт по растителни генетични ресурси „К. Малков“ – Садово  
E\_mail: maria\_sabeva@ipgr.org

### Резюме

Обект на изследването са 35 образца грах - зимен тип от колекцията на Института по растителни генетични ресурси - Садово. Цел на проучването е да се установи степента на генетично сходство и генетична отдалеченост на образците с направление за зелена маса, съхранени в националната генбанка. Образците са с произход основно от Франция и България. За групирането им е използван математически подход - клъстер, корелационен и факторен анализ, като са използвани показателите - *общ азот, сурови влакнини, сурова пепел, общи захари и танини*. Установена е отрицателна корелационна зависимост между *общ азот и сурови влакнини* ( $r = -0.857$ ); *общ азот и сухо вещество* ( $r = -0.824$ ); *танини и сухо вещество* ( $r = -0.888$ ). Силно изразена положителна корелационна зависимост се наблюдава между *суровите влакнини и суровата пепел* ( $r = 0.798$ ); *суровите влакнини и сухото вещество* ( $r = 0.923$ ) и между *суровата пепел и сухото вещество* ( $r = 0.920$ ). Направеното групиране на зимните форми грах позволява да се увеличи обективността на оценката и повишат възможностите колекцията от грах да се използва в различни направления.

**Ключови думи:** грах (*Pisum sativum* L.); зелена маса; химичен състав; корелация; клъстерен анализ; факторен анализ

## Evaluation of the diversity of pea forms (*Pisum sativum* L.) with a direction for green mass from the collection of I R G R- Sadovo

Mariya Sabeva

Agricultural Academy, Institute of Plant Genetic Resources “Konstantin Malkov”, Sadovo,  
E\_mail: maria\_sabeva@ipgr.org

### Citation

Sabeva, M. (2023). Evaluation of the diversity of pea forms (*Pisum sativum* L.) with a direction for green mass from the collection of I R G R- Sadovo. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 60(1) 28-35 (Bg).

### Absrtact

The object of the study is 35 pea samples - winter type from the collection of the Institute of Plant Genetic Resources - Sadovo. The aim of the study is to determine the degree of genetic similarity and genetic distance of the samples with a direction for green mass stored in the national gene bank. The samples originate mainly from France and Bulgaria. For their grouping, a mathematical approach was used - cluster, correlation and factor analysis using the indicators - total nitrogen, crude fibres, crude ash, total sugars and tannins. A negative correlation was found between total nitrogen and crude fibres ( $r = -0.857$ ), total nitrogen and dry matter ( $r = -0.824$ ), tannins and dry matter ( $r = -0.888$ ). A strong positive correlation was observed between crude fibre and crude ash ( $r = 0.798$ ), crude fibre and dry matter ( $r = 0.923$ ) and crude ash and dry matter ( $r = 0.920$ ). The grouping

of winter pea forms allows to increase the objectivity of assessment and increases the possibilities of using the pea collection in different directions.

**Key words:** pea (*Pisum sativum* L.); green mass; chemical composition; cluster; correlation and factor analysis

## ВЪВЕДЕНИЕ

Грахът се характеризира с многостранна употреба в зависимост от това каква част от него се използва: цялото растение - в свежо и сухо състояние за храна за животни и зелено торене; сухото зърно - за храна на животни и консумация от хората (пряко или във вид на добавка под формата на брашна); свежи зърна - пряка консумация, консервиране, замразяване (Angelova & Kalapchieva, 2014; Sabeva, 2019; Angelova & Sabeva, 2013, 2018; Sabeva & Angelova, 2022)

Един от основните аспекти на фуражното производство е неговото качество. Качеството на фуражите се определя от техния химичен състав, който зависи от условията на околната среда по време на растежа и в момента на прибирането. Наличието на зимуващи и пролетни форми грах дава възможност за широк избор на сортове, които могат да се прилагат като алтернатива на многогодишните бобови култури при храненето на преживните животни, поради високата си протеинова и енергийна хранителна стойност. На фона на честите летни засушавания грахът дава сигурни добиви и качествен фураж (Angelova & Kalapchieva 2014; Kirilov, 1990, 1998).

Фуражните сортове грах имат високо съдържание на протеин, което в сухото вещество на цялото растение е от 14% до 22%, а в зърното от 24% до 36%. Сламата на тази култура е с висока хранителна стойност. Виолетово цъфтящите сортове грах (*Pisum sativum* ssp. *arvense*), каквито са повечето от зимуващите форми, се използват за целорастенийно производство, докато бяло цъфтящите форми са предпочитани за производство на зърно. Типично фуражните сортове съдържат 2 - 3 пъти повече трипсинов инхибитор и танини в зърното. В една и съща фаза на развитие пролетните форми фуражен грах имат по - висока смиланост от зимуващите форми (Kirilov, 1990, 1998)

Високото съдържание на захари е предпоставка за по-лесното силажиране на зелената му маса, за разлика от зелената маса на другите бобови растения. Грахът добре се вписва в зеления конвейер за постоянно осигуряване на зелен фураж при хранене на животни на ясла, подходящ е и за хранене на дойни крави (Angelova & Kalapchieva, 2014; Sabeva & Angelova, 2018; Angelova & Sabeva, 2018; Kirilov, 1998).

При отбор на изходните форми за селекция с направление за зелена маса, освен морфологичните и продуктивните характеристики, все повече внимание се отделя на качествените показатели, определящи хранителната ценност на фуража - високо съдържание на протеин, минерални соли, въглехидрати. Качеството на фуража, като комплексна концепция в храненето на животните обхваща, баланса на хранителните вещества (Angelova & Kalapchieva, 2014; Sabeva, 2019).

Целта на изследването е да се установи степента на генетично сходство и отдалеченост на представителна извадка от 35 образеца зимен грах, с направление за зелена маса, по някои биохимични показатели с оглед на ефективното им използване в селекционно подобрителната работа с граха.

## МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

### *Растителен материал*

Проучваната извадка от зимни форми грах (35 бр.), включва образци с произход предимно от България и Франция. В извадката преобладават ранни и средно ранни форми, с направление за зелена маса и на зърно. Образците са с обикновен тип на листа с дължина на ВП средно 160 дни. Височината на растението варира от 58,8 cm до 145,2 cm при средна стойност за групата  $96,88 \pm 2,86$  (Sabeva, 2019). Изследваните образци в зависимост от височината си се разпреде-

лят в три групи. В първата група с височина до 89 cm попадат 31,3% от образците. Образците с височина от 90 до 99 cm, съставляват 12,5% от общия брой. В третата група (56.2%) с височина над 99 cm са включват предимно образци от *P. sativum ssp. arvense* с виолетови цветове и антоцианово петно в основата на прилистника (Sabeva, 2019). От тях 7 са бяло, а останалите 28 - лилаво цъфтящи. Семената имат гладка повърхност, кръгли, понякога с неправилна форма. Окраската е твърде разнообразна и варира от светло бежова до светло кафява, пъстра, от сиво зелена, тъмно зелена до тъмно кафява. (Angelova, 1995; Angelova & Sabeva, 2013; Sabeva, 2019).

Добивите за зелена маса и зърно се променят в зависимост от климатичните условия и от индивидуалните особености на отделните сортове, като различията по сортове не се съществени от 1,6 до 4,5 %. (Angelova & Yancheva, 1996; Angelova & Kouzмова, 2001; Angelova et al., 2001; Filipov, 1997; Ivanov, 2015, 2018; Kosev & Sachinski, 2010, Sabeva, 2019)

Оценката на образците по отношение съдържанието на: *общ азот (X1)*, *сурови влакнини (X2)*, *сурова пепел (X3)*, *водоразтворими захари (X4)* и *концентрирани танини (X5)* е извършена в биохимичната лаборатория на ИРГР- Садово.

Съдържанието на *общ азот / суров протеин* в зърното определено по метода на Kjeldahl, *сурови влакнини* - по Henverger & Stomann; *сурова пепел*, *водоразтворими захари* - по Shoorl (A. O. A. C, 1990); *Концентрирани танини %* по Terrill et. al. (1992) с бутанол- солна киселина (Ilieva & Dochkova, 1999).

#### **Почвено-климатична характеристика**

Образците са отгледани в опитното поле на ИРГР, на канелено- горска почва. Садово се намира в Горнотракийската низина, с надморска височина 141 m. и се отличава с преходно – континенталния климат (42°70'58'' N; 024'55'58'' E.). Характерно е, че зимата е чувствително по-мека в сравнение със северна България, а лятото е по-горещо. Средно годишната температура е 12,4 °C с минимум през месец януари и максимум през юли. В отделни години през месеците януари и февруари температурите се понижават за 2-3 дни под – 18°C, а в някои случаи дори и под – 20°C, което е особено важна за зимните форми.

Сумата на валежите има най- високи стойности през месец май 47, 5 mm и най- ниски през септември 14, 9 mm. (Boyadjieva & Stankova, 1990).

Вариабилността на изследваните показатели е определена чрез използване на вариационен анализ. Оценена е взаимовръзката между изследваните показатели, изразена чрез коефициента на корелация- r.

Групирането на 35-те изследвани образци е направено чрез йерархичен клъстер анализ. Използван е методът на междугруповото свързване (Ward, 1963; Dyuran & Odelly, 1977).

Математико - статистическата обработка на емпиричните данни е извършена чрез статистическата програма - SPSS Statistics 19.

## **РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ**

### **Вариационен и корелационен анализ**

При отбора по качествени показатели е важно да се изясни вариабилността им (Kosev & Ilieva, 2015).

На таблица 1 са представени основните дескриптивни характеристики на биохимичния състав на надземната маса на представителна извадка от зимни форми грах средно за три години.

Вариационният коефициент е важен показател, чрез който се установява еднородността на изучавания признак. Стойностите на вариационния коефициент в нашето проучване, за изследвани показатели варира в границата от 1.86 % до 116.54 % (табл. 1).

Анализът на данните показва, че относително най – вариабилен е показателя съдържание на концентрирани танини- (C V= 116.54 %)

Изменчивостта на изследваните показатели, изразен чрез вариационния коефициент е най-слаба за показателя сухо вещество (C V = 1.86%) и най - висока за танините (C V = 116.54%) (Табл. 1).

Съдържанието на общ азот в зърното, варира в близки граници, което се потвърждава и от стойността на вариационния коефициент (C V= 5.54 %). При останалите показатели, е установен нисък коефициент на вариация: за сурови влакнини (C V= 17.85%); сурова пепел (C V= 11.36%) и общи захари (C V= 13.66%). Съдържанието на наблюдаваните биохимични показатели в това проучване е сравнимо с това докладвано

от други автори за други полски сортове грах (Angelova & Yancheva, 1996; Ivanov, 2015, 2018; Kosev & Sachinski, 2010; Sabeva et. al., 2014)

За установяване и оценка на взаимовръзките между изследваните показатели, е приложен корелационен анализ (Табл. 2).

Получените корелационни коефициенти, дават представа в аналитичен вид установените зависимости и дават възможност за оценка на съответните взаимодействия между показателите (Табл. 2).

За разлика от зърното (Kuneva & Sabeva, 2022), при надземната маса (зелената маса) се наблюдават силно изразена отрицателна корелационна зависимост между *общ азот и суро-*

*ви влакнини* ( $r = -0.857$ ); *общ азот и сухо вещество* ( $r = -0.824$ ); *танини и сухо вещество* ( $r = -0.888$ ). Средна отрицателна корелационна зависимост се отчита между *общ азот и сурова пепел* ( $r = -0.639$ ). Силно изразена положителна корелационна зависимост наблюдаваме между суровите влакнини и суровата пепел ( $r = 0.798$ ); суровите влакнини и сухото вещество ( $r = 0.923$ ) и между суровата пепел и сухото вещество ( $r = 0.920$ ). Доказани слаби корелации има между *танините и суровата пепел* ( $r = 0.333$ ) и *танините и суровите влакнини* ( $r = 0.270$ ). Kosev et. al. (2012), също съобщават за подобни корелационни зависимости при изследваните от тях зимни генотипове.

**Таблица 1.** Параметри на основни дескриптивни характеристики за биохимичния състав на надземната маса при зимни форми грах средно за три години

**Table 1.** Parameter of main descriptive characteristics for the green mass biochemical composition of winter pea varieties for three years averagely

ПОКАЗАТЕЛИ/ INDICATORS	Брой образци/ Number of specimens	Min	Max	Mean	S E	S D	C V, %
Общ азот, % / Total nitrogen, %	35	2.16	4.00	3.09	0.07	0.43	13.79
Сурови влакнини, % / Crude fibers, %	35	17.06	34.94	24.82	0.75	4.44	17.89
Сурова пепел, % / Crude ash, %	35	5.63	10.98	7.36	0.17	1.02	13.84
Танини, % / Tannins, %	35	0.01	2.83	0.76	0.15	0.89	116.54
Сухо вещество, % / Dry matter, %	35	80.50	90.91	89.80	0.28	1.67	1.86

**Таблица 2.** Корелациона матрица между изследваните химични показатели

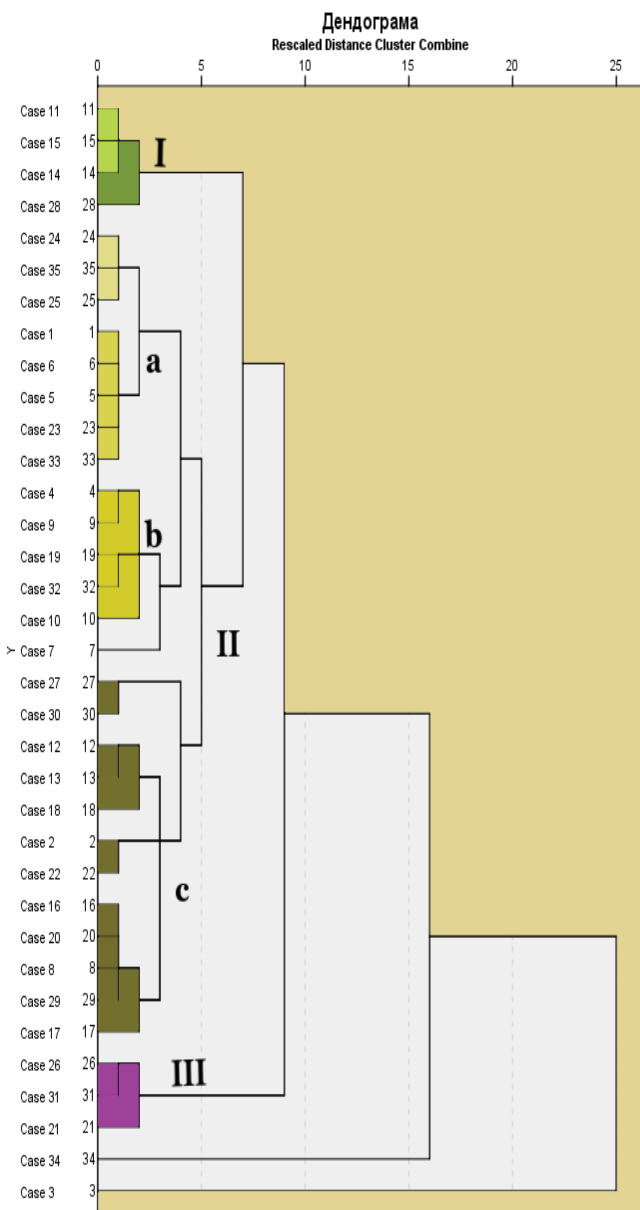
**Table 2.** Correlation matrix between the examined chemical indicators

	Общ азот/ Total nitrogen	Сурови влакнини/ Crude fibers	Сурова пепел/ Crude ash	Танини/ Tannins	Сухо вещество/ Dry matter
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
$x_1$	1	<b>-0.857**</b>	<b>-0.639**</b>	-0.203	<b>-0.824**</b>
$x_2$		1	<b>0.798**</b>	<b>0.270*</b>	<b>0.923**</b>
$x_3$			1	<b>0.333**</b>	<b>0.920**</b>
$x_4$				1	<b>-0.888**</b>
$x_5$					1

$x_1$  общ азот (Total nitrogen);  $x_2$  сурови влакнини (Crude fibres);  $x_3$  сурова пепел (Crude ash);  $x_4$  танини (Tannins);  $x_5$  сухо вещество (Dry matter)

## Йерархичен клъстер анализ

Чрез йерархичен клъстер анализ е оценена генетичната близост между образците чрез сравнение на показателите: *общ азот, сурови влакнини, сурова пепел, концентрирани танини и сухото вещество*. Получената дендограмата показва последователността на обединяване на изследваните образци и формирането на клъстерите (фиг. 1). Проучените зимни форми грах,



Фигура 1. Дендограма за сходството на зимните форми грах - зелена маса

Figure 1. Dendrogram for the similarity of winter pea varieties

се групират в **три** клъстера и *три независими групи*. В първия клъстер, сортовете се обединяват с по - високи стойности, на общ азот, суровата пепел и танините. Третият клъстер включва образци с високи стойности, по отношение съдържанието на сурови влакнини и сурова пепел и по - ниското съдържание на общ азот, спрямо средното проявление на проучваните показатели. За разлика от образците в първия клъстер, образците от третия не съдържат танини. Вторият клъстер е изграден от три подгрупи - „a“; „b“ и „c“. В първата подгрупа се обединяват сортове с по - високо съдържание на общия азот и на сурова пепел спрямо средните стойности и без съдържание на танини. Във втората подгрупа се обединяват сортове, които не съдържат танини, но за разлика от предходната група общият азот е с по - ниска стойност спрямо средната стойност, а съдържанието на сурова пепел е по - високо. Третата подгрупа включва повече образци и в нея попадат сортове с ниско съдържание на общ азот, но с по - високо съдържание на сурови влакнини и танини спрямо средната стойност на проучените показатели.

## Анализ на главните компоненти- РС А

Генетичното разнообразие между образците е показано чрез прилагане на факторен анализ по метода на главните компоненти. Налице са две собствени стойности, които определят избора на *два* главни компоненти (табл. 3). Първият от компонентите обяснява 35,49 %, а вторият 25,31 % от цялото вариране. Главните компоненти (РС 1 и РС 2) обуславят 60.80 % от общото вариране на *генотип x среда*. Първият компонент е свързан главно с показателите – *общ азот, сурови влакнини и сухо вещество*. Показателите *сурова пепел и танини* участват във формирането на вторият компоненти (Табл. 3).

Разпределението на проучваните признаци във факторната равнина е представено на фигура 2 .

Признаците съдържание на сурова пепел, сухо вещество и сурови влакнини попадат в положителния квадрант на първи и втори фактор, докато признаците общ азот и танини са в положителната част на първи фактор и отрицателната на втори. Образец 95202113, е източник на вариране на сурова пепел и сухо вещество. Източници на вариране на сурови влакнини са

95202109, 95202093, 95202066. Тези образци са с произход от Франция, високи, подходящи за зелена маса. Зимните форми грах - 95202102, 26 E, M- 26 и 3 са източник на вариране на общ азот и танини. Образците, приближени към центъра

**Таблица 3.** Факторна матрица, получена по метода на главните компоненти

**Table 3.** Factor matrix obtained by the method of the component principle

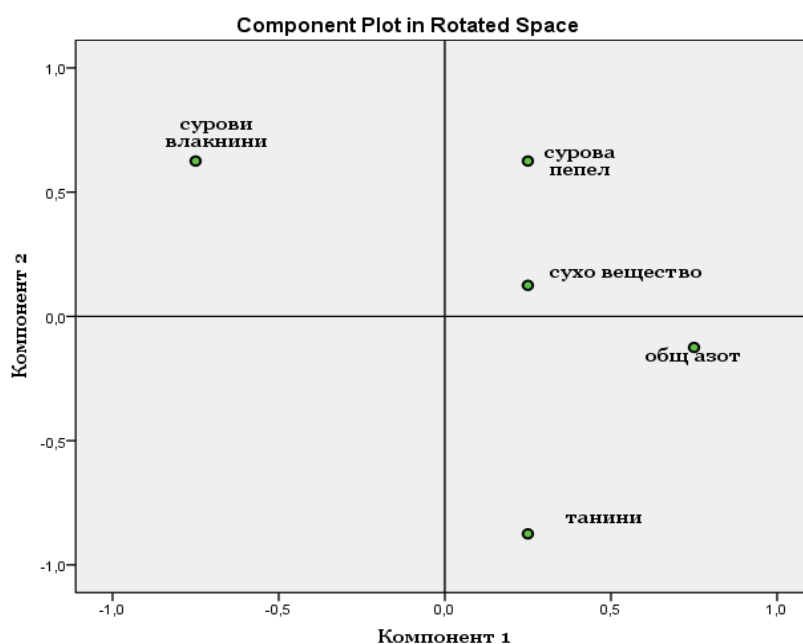
Фактори/ Factors	Компоненти/ Components	
	PC 1	PC 2
Общ азот/ Total nitrogen	,945	
Сурови влакнини/ Crude fibers	-,794	
Сурова пепел/ Crude ash		,725
Танини/ Tannins		-,724
Сухо вещество/ Dry matter	,265	
% от Варианса/ % of the variance	35,49 %	25,31 %

на компонентната равнина, могат да бъдат обединени в сърцевидна колекция по изследваните признаци. Сортовете на ИРГР – Садово - *Мир* и *Весела*, както и *Naota*, *M -59*, *M - 34* и *95202074* са източници на вариране на признаците – общ азот, сурови влакнини, сурова пепел, сухо вещество и танини (фиг. 3).

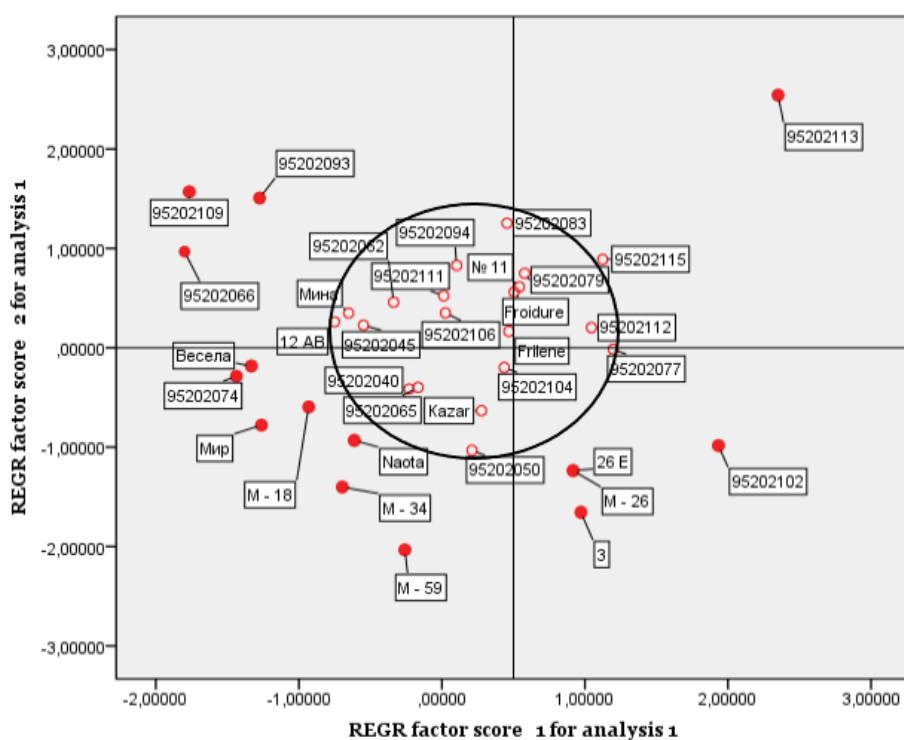
Останалите образци от извадката, приближени към центъра на компонентната равнина, могат да се обединят в сърцевидна колекция по изследваните признаци. Тази група от зимни форми, предоставя възможности за избор на образци за създаване на нови сортове с подходящи качествени характеристики. Те са подходящи за използването им в различни смеси със житна култура. Образците могат да се използват директно и за зелена маса и за сухо зърно.

## ИЗВОДИ

За групиране на генотипове по генетично сходство и отдалеченост успешно могат да се прилагат клъстер и принципно компонентен анализ. Съвместното им прилагане позволява да се получи по-ясна представа за тежестта на



**Фигура 2.** Проекция на изследваните показатели във факторната равнина  
**Figure 2.** Projection of the examined features in the factor plane



**Фигура 3.** Проекция на изследваните образци във факторната равнина  
**Figure 3.** Projection of the examined specimens in the factor plane

проучваните признаци в диференцирането на изследваните генотипове.

Установени са силно изразена отрицателна корелационна зависимост между *общ азот и сурови влакнини* ( $r = -0.857$ ); *общ азот и сухо вещество* ( $r = -0.824$ ); *танини и сухо вещество* ( $r = -0.888$ ). Силно изразена положителна корелационна зависимост наблюдаваме между суровите влакнини и суровата пепел ( $r = 0.798$ ); суровите влакнини и сухото вещество ( $r = 0.923$ ) и между суровата пепел и сухото вещество ( $r = 0.920$ ). Доказани слаби корелации има между *танините и суровата пепел* ( $r = 0.333$ ) и *танините и суровите влакнини* ( $r = 0.270$ ).

Определени са зимни РГР от грах, които могат да се обединят в сърцевини колекции по изследваните признаци както и възможностите те да се включат в различни направление на използване.

Създадената база данни от наличните връзки между изследваните показатели, може да е се използва в селекционно подобрителната работа с граха в търсене на определени признаци

## ЛИТЕРАТУРА

- A. O. A. C. (1990). (Association of Official Analytical Chemists). Official methods of analysis 15<sup>th</sup>, ed. AOAC, Arlington, V. A.
- Angelova, S., & Yancheva, Ch. (1996). Biological and agricultural characteristics of some accessions of winter forage pea. *Plant Science*, 10, pp. 64-67.
- Angelova, S., & Kouzмова, K. (2001). Effect of the agrometeorological conditions on the development and the yield of grain in some varieties of winter forage pea under conditions of Central South Bulgaria, *Plant Science*, 38, pp. 327-330.
- Angelova, S., & Sabeва, M. (2013). Chemical characterization of pea in Bulgarian collection, *Plant Science*, 50, 1, pp. 37-40.
- Angelova, S., & Sabeва, M. (2018). Pea (*Pisum sativum* L.) diversity in Bulgaria and a strategy for its utilization „AGROSYM 2018”, 116-121, ISBN 978- 99976-718-8-2; <http://agrosym.ues.rs.ba/index.php/en>
- Angelova, S., & Kalapchieva, Sl. (2014). Pea (*Pisum sativum* L.), AB Communications Ltd. – Sofia, ISSN-1314-4251.
- Boydjieva, D., & Stankova, P. (1990). Achievements in Wheat Breeding at the Institute of Introduction and Plant Resources, with regards to Stress Climatic Factors,

- Proceedings of International Symposium; Wheat Breeding- Prospects-Future Approaches*, Albena, Bulgaria, 270-273.
- Duran, B., & Odelle, P.** (1977). Cluster analysis, Moscow.
- Filipov, Hr.** (1997). Cultivation of winter fodder peas under dry conditions and obtaining high yields, *Plant Sciences*, 34, 9-10, pp. 49-54.
- Ilieva, An., & Dochkova, B.** (1999). Biochemical evaluation of forage pea cultivars and lines with a view to selection for resistance to *Bruchus pisi* L. (*Coleoptera Bruchidae*), *Acta Entomol. Bulg.* 2, 3, 4, pp. 37- 40.
- Ivanov, Gr., Sabeva, M., & Angelova, S.** (2015). Opportunities to use pea - wheat mixes in organic farming, New Knowledge Journal of Science Academic Publishing House „Talent“, University of Agribusiness and Rural Development, 4-4, 82-87, ISSN 2367-4598 (online).
- Ivanov, Gr.** (2018). of PhD Thesis, Identification of common winter wheat and pea genotypes suitable for organic farming.
- Kirilov, At.** (1990). Research on peas as ruminant forage. I- Yield and composition, *Livestock Sciences*, 6.
- Kirilov, A.** (1998) Comparison of forage qualities of winter pea (*Pisum sativum* ssp. arvense) Variety Mir and spring pea (*Pisum sativum* ssp. sativum) variety Pleven 4. In: *Ecological Aspects of Grassland Management, Summaries of Posters*, 17-th EGF Meeting, Debrecen, May 18-21 1998, Eds. G. Nagy and K. Petö. p.73.
- Kosev, B., & Sachanski, S.** (2010). Comparative study of winter and spring fodder pea varieties (*Pisum sativum* L.), *Plant Sciences*, 47, 428-433.
- Kosev, V., Pachev, I., Angelova, S., Mikich, Al., & Sinjushin, A. A.** (2012). Assessment breeding value of hybrid crosses between some yield components in Pea (*P. sativum* L) varieties by using correlation and path analysis, *Russian Journal of Genetics*, 48 (1), 42–47. (online), [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)
- Kuneva, V., & Sabeva, M.** (2022). Evaluation of the genetic variability of winter pea varieties (*Pisum sativum* L.) from the collection of IPGR – Sadovo, *Agronomy Research*, 20(x), ISSN: 1406-894X (in press).
- Sabeva, M., Kuneva, V., & Angelova, S.** (2014). Evaluation of pea (*Pisum sativum* L.) samples from the collection of IRGR - Sadovo based on cluster analysis, *SUB-Plovdiv*, vol. XII, pp. 294-297, ISSN- 1311-9419.
- Sabeva, M., & Angelova, S.** (2018). Possibilities for using pea (*Pisum Sativum* L.) for food and feed, New Knowledge Journal of Science Academic Publishing House „Talent“ University of Agribusiness and Rural Development, 7-2, p. 255-264, ISSN 2367-4598 (online); <http://science.uard.bg/index.php/newknowledge/issue/view/27>;
- Sabeva, M.** (2019). of PhD Thesis, Agro-biological and biochemical characterisation of *Pisum Sativum* L. genetic resources.
- Sabeva, M., & Angelova, S.** (2022). Agrobiological characteristic and potential for Bulgarian pea varieties, *Journal of Global Ecology and Environment* 14(3), 19-26, ISSN: 2454-264 <https://www.ikprpress.org/index.php/JOGEE/article/view/7438>
- Vasileva, V., & Kosev, V.** (2021). Biochemical assessment of peas *Pisum sativum* varieties. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, ISSN 1814-5868, 34(2), 195-203. <https://doi.org/10.37077/25200860.2021.34.2.15>
- Terrill, T., Rowan, A., Douglas, G., & Barry, T.** (1992). Determination of extractable and Bound Condensed Tannin Concentration in Forage Plants. Protein concentrate Meals and Cereal Grains. *J. Sci. Food Agric*, 58.
- Ward, J. H.** (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58, pp. 236-244.