

## **Сравнителна оценка на зеолит и вермикулит във вегетационен експеримент**

**Ана Кацарова\*, Николай Динев, Светла Маринова**

*ИПАЗР „Никола Пушкиarov“, София, България*  
**E-mail\***: anichrankina@gmail.com

### **Резюме**

Една от най-предизвикателните теми за устойчивото земеделие е как да се намалят високите норми на торене. Търсят се почвени подобрители, с които да се преодоляват проблеми в почвите, като киселинност, замърсяване и др., но и да повишават и съхраняват тяхното плодородие. Във вегетационен експеримент с тест растение маруля са изследвани ефектите на природен зеолит и обогатен вермикулит, като почвени подобрители. Отчетени са параметри свързани с плодородието на почвата, растежа и храненето на растенията, с цел получаване на знания за по-устойчиво управление. Най-висок добив от маруля е получен в съдовете с внесен 1% зеолит. Съдържанията за общ азот и калий в растенията са по-високи във вариантите с 5% и 10% зеолит. След внасяне на различни норми от природен зеолит е отчетено силно повишаване на достъпния за растенията калий в почвата.

Данните показват, че внасянето на природен зеолит и обогатен вермикулит в почвата може частично да намали степента на внасяните минерални торове.

**Ключови думи:** зеолит, вермикулит, вегетационен опит, структура на добива

## **Comparative evaluation of zeolite and vermiculite in vegetation experiment**

**Ana Katsarova \*, Nikolai Dinev, Svetla Marinova**

*ISSAPP “Nikola Pushkarov”, Sofia, Bulgaria*  
**Corresponding author\***: anichrankina@gmail.com

**Citation:** Katsarova, A., Dinev, N., & Marinova, S. (2021). Comparative evaluation of zeolite and vermiculite in vegetation experiment. *Bulgarian Journal of Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 55(3-4), 3-10.

### **Abstract**

One of the most challenging topics for sustainable agriculture is how to decrease high fertilization

rates. Soil amendments are being sought to overcome soil problems, such as acidity, pollution, etc., but also to increase and preserve their fertility.

In a vegetation experiment exploring the effects of natural zeolite and enriched vermiculite as soil amendments was realized in lettuce plants. Parameters related to soil fertility, and plant growth and nutrition were investigated to gain knowledge towards more sustainable management. The highest yield of lettuce was obtained in the vessels with imported 1% zeolite. The levels of total nitrogen and potassium in the plants are higher in the variants with 5% and 10% zeolite. After the introduction of various norms of natural zeolite, a strong increase in the potassium available to plants in the soil was reported.

The data show that the application of natural zeolite and enriched vermiculite in the soil can partially reduce the level of applied mineral fertilizers.

**Key words:** zeolite, vermiculite, pot experiment, yield structure

## Въведение

Поддържането на високоефективно и същевременно екологосъобразно земеделие изисква рационално използване на земеделските земи. За оптимизиране на производството се налага включване на природни продукти, повишаващи почвеното плодородие.

Добавянето на подобрители в почвата е начинание, което изисква високи добиви, но без да предизвиква екологични проблеми. През последните години в страната се използват различни материали с цел оптимизиране на екологичните подходи в съвременното земеделие (Mitova & Marinova, 2012; Benkova et al., 2020).

Интересът към минерали, като зеолит и вермикулит се дължи на ценните им свойства, като висок сорбционен капацитет, йонообменни свойства и др. Важна предпоставка за широкото приложение на тези индустриални минерали е откриването на значителни находища в различни райони на страната ни (Atanasov & Dimitrov, 1982; Stoilov, 1986; Stoyanov et al., 1986; Manolov, 1989). Широко разпространените в природата клиноптилолит, шабазит, филипсит и морденит, и тяхната селективност към определени катиони (най-вече  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{K}^+$ ) ги прави подходящи като тор с бавно освобождаване (Ming & Allen, 1999). Вермикулитът прибавен към почва, увеличава нейното водозадържане, като процесът се

влие от степента на приложение, произхода и размера на внесената фракция вермикулит (Potter, 2004).

Целта на разработката е да се направи сравнение между получените добиви от избраната тест култура с различни изисквания към хранителен режим и отговора им на приложените природен зеолит и обогатен вермикулит.

## Материал и методи

Сравнителният ефект между два почвени подобрители е проучен, чрез заложен и изведен вегетационен експеримент върху Алувиално-ливадна почва, от района на с. Кубратово. Изходната почва се характеризира със средно кисела реакция ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}=5,5$ ), с ниско съдържание на минерален азот (18,9 mg/kg), добра запасеност на достъпни форми на фосфор (29,1 mg/100g  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) и калий (21,8 mg/100g  $\text{K}_2\text{O}$ ).

Преди засаждане на растенията, в опитните съдове с вместимост 1 kg почва са добавени норми от 1%, 5%, 10% и 15% на природен зеолит и обогатен вермикулит, както и минерален тор в норма  $\text{N}_{400}\text{P}_0\text{K}_0$ .

Във всеки съд (от предварително произведен разсад) са засадени по 4 броя растения от маруля. Отчетено е теглото и съдържанието на макроелементи в растенията. Анализирани са съдържанието на основните хранителни елементи в почвата.

Приложеният зеолит се характеризира със слаба киселинност ( $pH=5,9$ ), а вермикулита има неутрално  $pH=6,8$ . Двата подобрители са с ниско съдържание на минерален азот и незначителни количества на усвоим фосфор. Съдържанието на достъпен за растенията калий при зеолита е  $29,3 \text{ mg}/100\text{g K}_2\text{O}$ , а това на вермикулита е 78 пъти по-високо ( $2298,2 \text{ mg}/100\text{g K}_2\text{O}$ ).

Физико-химичната характеристика на почвата е посочена в таблица 1. Почвата се характеризира със средно кисела реакция (5,5). Според йонообменният капацитет от  $T_{8,2}=35 \text{ cmol}(+)/\text{kg}$ , почвата е средно колоидна. Преобладаващата глинеста минералогия определя почвата като монтморилонит – иллитова ( $T_{CA}=81,43\% T_{8,2}$ ) с еволюция към монтморилонит – иллит (степен на наситеност с бази  $80,29\%$ ).

В опитните съдове, преди залагане и след приключване на вегетационните експерименти, са взети почвени проби. Извършени са следните анализи:

1.  $pH$  в  $H_2O$  и  $KCl$  е определено потенциометрично (Arinushkina, 1962).
2. Съдържанието на минерален азот е определено по метод на Бремнер и Киней (Bremner & Keeney, 1965).
3. Съдържанието на  $P_2O_5$  е определено в лактатен извлек (Ivanov, 1984).
4. Съдържанието на  $K_2O$  е определено в лактатен извлек (Ivanov, 1984).
5. Съдържанието на органичен въглерод (хумус) в почвата е определено по метод на Тюрин, описан от Копонова (1963).

Растителните проби са анализирани за съдържание на калий и фосфор, чрез спектрофотометрично отчитане по метод на Milcheva & Brashnarova (1975). Съдържанието на общ азот в биомасата е определено по метод на Келдал (Horneck & Miller, 1998).

Получените в експеримента данни са обработени статистически чрез еднофакторен и многофакторен дисперсионен анализ. Приложен е метод на Фишър за сравнение на средни стойности при най-малка доказана разлика (LSD), като е избрана 95% статистическа достоверност.

## Резултати и обсъждане

С цел изучаване на динамиката на натрупване на биомаса е извършено двукратно отчитане на добив – на 35-тия ден от вегетацията на културата и 60-тия ден, след приключване на опита.

Установено е, че след първото отчитане максимална биомаса е получена при високите нива от 10% и 15% зеолит (таблица 2), но стойностите са под тези в контролния вариант ( $10,57 \text{ g}/\text{съд}$ ). Докато при съдовете с внесен вермикулит е регистриран най-висок добив при ниските норми от 1% и 5%, подобни данни са получени и от други автори (Mitova & Marinova, 2012). Тези различия могат да се обяснят с различната стартова запасеност на почвата, дължаща се на обогатената формула на вермикулита. В течение на вегетацията е отчетена промяна във въздействието на двата подобрителя. В три от нивата на внесен зеолит – 1%, 10% и 15% има превишаване спрямо контролата. При вермикулита повишаване се наблюдава при нормите от 5% и 15%. Тези разлики могат да се дължат на различната скорост на йонния обмен между внесените подобрители и почвата.

В таблица 2 са представени промените в измерените тегла на маруля, в резултат от вида и нормата на използвания подобрител. При първото отчитане средният добив от вариантите с внесен зеолит и високите норми вермикулит е по-нисък от добива, получен в контролния вариант. Данните са разпределени в 5 хомогенни групи с доказани разлики между тях.

Максимален добив от маруля при внасяне на природен зеолит през второто отчитане е получен във вариантите с норма 1% (таблица 2). Не се наблюдават доказани разлики с останалите изпитвани норми. В съдовете с внесен вермикулит, най-високо тегло е отчетено от норма 15% (таблица 2), като статистически доказани са разликите между варианти с 1% и 15% подобрител.

Разглеждайки отчетените добиви от маруля, в зависимост от приложения подобрител се вижда, че при първото отчитане те са по-

**Таблица 1.** Физико-химични показатели на Алувиално-ливадна почва  
**Table 1.** Physico-chemical indicators of soil

pH <sub>H2O</sub>	T <sub>8,2</sub>	T <sub>CA</sub>	T <sub>A</sub>	H <sub>8,2</sub>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	V, %
				cmol(+).kg <sup>-1</sup>				
5,5	35	28,5	6,5	6.9	0,4	24	3,9	80,29

**Таблица 2.** Влияние на норма подобрител (вермикулит и зеолит) върху формиране на листна маса от марули

**Table 2.** Influence of ameliorant level (vermiculite and zeolite) on lettuce leaf mass formation

Variants/Варианти	Lettuce weight/Тегло на марулята (g/pot)			
	I sampling (пробовземане I)		II sampling (пробовземане II)	
	Zeolite/Зеолит			
Control/Контрола	3,52	d	18,46	a
1%	1,66	a	22,31	a
5%	1,64	a	17,97	a
10%	2,37	b	19,43	a
15%	3,37	c	21,76	a
Average/Средно	2,512	19,987		
Std. deviation	0,836	2,710		
Std. error	0,02	1,38		
LSD <sub>≥95%</sub>	0,052	4,348		
	Vermiculite/Вермикулит			
Control/Контрола	3,52	c	18,46	ab
1%	4,16	e	16,07	a
5%	3,65	d	18,87	ab
10%	2,59	a	18,01	ab
15%	2,87	b	21,71	b
Average/Средно	3,358		18,6251	
Std. deviation	0,585286		2,75099	
Std. error	0,021187		1,3715	
LSD <sub>≥95%</sub>	0,067		4,322	

високи във вариантите с вермикулит (3,32 g за съд) и разликите са значими при 95% достоверност. При второто пробовземане растенията отгледани върху почви с внесен зеолит отчитат по-висока маса, но разликите са в границите на статистическата грешка.

Анализът на получените в експеримента маси от марули в зависимост от приложената

норма подобрител показва, че максимални тегла са отчетени при внасяне на норма 15%. При първото отчитане разликите са доказани статистически между всички варианти, а при второто данните попадат в 2 хомогенни групи и са значими между варианти с 1% и 15% подобрител.

В таблица 3 са обобщени получените от ана-

лиза Р-стойности, които тестват статистическата значимост на факторите – вид и норма подобрител, както и взаимодействието между тях. Степента им на влияние върху масите от маруля са представени графично на фигура 1. При първото отчитане (I пробовземане) всички Р-стойности на разглежданите фактори са по-малки от нивото на значимост, т.е. те оказват статистически значим ефект върху формирането на листна маса. На фигура 1 се вижда, че факторът с най-голяма тежест е взаимодействието между вид и норма мелиорант (53%), следван от вида вложен подобрител (38,67%-15,66 % зеолит към 23,01% вермикулит). При втората дата на отчитане (II пробовземане) нито един от включените в изследването фактори не оказва значим ефект върху масата от маруля, влиянието на други, невключени в изследването фактори е над 45%.

Според Zerling (1978) оптималната величина за съдържанието на хранителни елементи в растението е физиологична характеристика за нормалния растеж. Растението се нуждае от точно определена концентрация хранителни елементи, при конкретни почвено-климатични условия. Отклоненията от тази величина водят до нарушаване в хранителния режим. Съдържанията на основни хранителни елементи в растенията от маруля са представени на таблица 4.

Съдържанието на общ азот в растенията е по-високо при употребата на вермикулит спрямо зеолит. Най-високата концентрация на общ азот е установена при норма 15% вермикулит (таблица 4), а най-високата стойност на калий е определена при норма 10% зеолит (таблица 4). Получените резултати за фосфор в растенията са сходни между контролата и нормите от 5%, 10%, 5% зеолит и 5% вермикулит (таблица 4).

Ефективността на подобрителите върху агрохимични показатели на почвата, след приключване на вегетационния опит се отчита спрямо контролата по варианти в таблица 5. Активната почвена реакция е неутрална – средна стойност рН 7,0. Тази почвена реакция е благоприятна за усвояването на макроелементите от почвата и може да се използва с цел последствие. Влиянието на почвените подобрители върху рН е слабо. Във вариантите с внасяне на 10% зеолит рН на почвата е нараснало до 7,1, а в тези с 10% вермикулит до 7,2 (таблица 5).

Във вариантите на опита се отчитат средни нива на хумус  $2,2 \pm 0,5\%$ , на този фон запасеността с минерален азот е средна във всички варианти  $63 \pm 7,4$  mg/kg. Стойностите на минералния азот в почвата са между 54,7-66,2 mg/kg при вариантите с вермикулит, а със зеолит са в границите 59,9-74,9 mg/kg. Зеолитът фиксира хранителните вещества в своята микропореста структура (Penchev, 1973). Азотът усвоен от зеолита, не се разтваря във вода и не се измива при поливане в продължителен период от време.

Резултатите за съдържанието на усвоими форми на фосфор в почвата варират от 13,1 до 18,4 mg/100g  $P_2O_5$  (таблица 5).

Съдържанието на обменен калий в почвата се е увеличило 13 пъти след внасяне на 10% зеолит (247 mg/100g  $K_2O$ ), ефект потвърждаващ данни и на други автори (Gül et al., 2005; Mohd et al., 2013; Litaor et al., 2017). Известно е, че растенията извличат амоний, калий и други хранителни вещества чрез активно усвояване от корените (Bigelow, 2004). Когато катиони на амоний или калий стават достъпни за зеолитите, те ги фиксират и предотвратяват загубата на хранителни вещества в почвата. Така чрез употребата им може да се намали степента на приложение на калиевите торове.

**Таблица 3.** Влияние на вид и норма подобрител върху формирането на листна маса от марули  
**Table 3.** Influence of type and level of ameliorant on the formation of lettuce leaf mass

		Lettuce weight/ Тегло на марулята (g/pot)			
		I sampling (пробовземане I)		II sampling (пробовземане II)	
Ameliorant / Мелиорант	Zeolite/Зеолит	2,26	a	20,37	a
	Vermiculite/ Вермикулит	3,32	b	18,67	a
LSD <sub>≥95%</sub>		0,029		1,996	
Ameliorant level / Ниво на мелиорант	1%	2,91	c	19,19	ab
	5%	2,65	b	18,42	a
	10%	2,48	a	18,72	a
	15%	3,12	d	21,73	b
LSD <sub>≥95%</sub>		0,041		2,822	
Main Effects/ Основни ефекти	Ameliorant / Мелиорант	0,0000	*	0,0895	NS
	Level/Ниво	0,0000	*	0,0902	NS
Interactions/ Взаимодействия	Am x L	0,0000	*	0,0707	NS

**Таблица 4.** Съдържание на хранителни елементи в растителния материал след приключване на опита с маруля

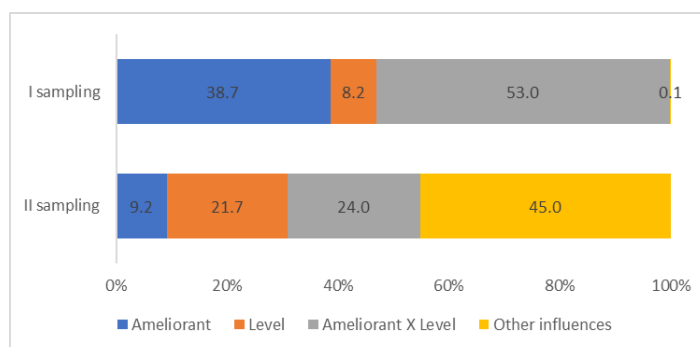
**Table 4.** Content of nutrients in vegetation material after the end of the experiment with lettuce

Variants/Варианти	N	P	K
Control/контрола	4,56	0,40	5,30
1% zeolite/1% зеолит	4,70	0,37	6,02
5% zeolite/5% зеолит	3,96	0,41	6,72
10% zeolite/10% зеолит	4,24	0,42	6,97
15% zeolite/15% зеолит	4,20	0,41	6,67
1% vermiculite/1% вермикулит	4,61	0,27	5,68
5% vermiculite/5% вермикулит	4,57	0,40	6,25
10% vermiculite/10% вермикулит	4,71	0,47	6,72
15% vermiculite/15% вермикулит	4,65	0,45	6,68
min	3,96	0,27	5,68
max	4,71	0,47	6,97
mean±stdv	4,47±0,3	0,4±0,06	6,33±0,56



**Таблица 5.** Агрохимични показатели на почвата след приключване на опита с маруля  
**Table 5.** Agrochemical indicators of the soil after the end of the experiment with lettuce

Variants/Варианти	pH KCl	pH H <sub>2</sub> O	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg. kg <sup>-1</sup>	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .100g <sup>-1</sup>	mg K <sub>2</sub> O.100g <sup>-1</sup>	Humus, %/ Хумус %
Control/контрола	4,9	5,7	69,7	17,1	18,6	2,15
1% zeolite/1% зеолит	5,9	6,7	62,2	13,9	42,7	3,32
5% zeolite/5% зеолит	6,3	7,1	72,0	14,9	184	1,52
10% zeolite/10% зеолит	6,3	7,1	59,9	18,4	247	2,38
15% zeolite/15% зеолит	6,0	7,0	74,9	17,2	222	2,16
1% vermiculite/1% вермикулит	6,1	7,0	56,4	16,7	19,6	2,00
5% vermiculite/5% вермикулит	6,2	7,0	57,6	15,0	18,1	2,48
10% vermiculite/10% вермикулит	6,4	7,2	54,7	15,9	17,4	2,08
15% vermiculite/15% вермикулит	6,3	7,1	66,2	13,1	17,0	2,04
min	5,9	6,7	54,7	13,1	17,0	1,5
max	6,4	7,2	74,9	18,4	247	3,3
mean ± stdv	6,2±0,2	7,0±0,2	63,0±7,4	15,6±1,8	95,9+103	2,2±0,5



**Фиг. 1.** Фактори оказващи влияние върху формирането на листна маса от маруля  
**Fig. 1.** Factors influencing the formation of lettuce leaf mass

## Заклучение

Природният зеолит и обогатеният вермикулит внесени към почвата, подобряват нейните агрохимични и екологични условия. Природният зеолит обезпечава почвата по отношение на минерален азот и усвоим калий. Вермикулитът оказва влияние предимно върху азотния баланс на почвата.

Видът на внесенения почвен подобрител оказва преобладаващо влияние върху формирането на

добива от маруля в по-ранната фаза на развитие. След приключване на вегетационния експеримент, факторът който влие върху полученият добив е внесенията норма на подобрителя. В получените добиви от вегетационния експеримент е отчетена най-голяма свежа биомаса при вариантите с внесяне на 1% и 10% зеолит, както и при норми 5% и 15% вермикулит.

Експериментите върху слабо кисела почва дават положителни резултати по отношение на добива, но това не става паралелно с внесените

нива на почвените подобрители. В резултат на направеното проучване може да се каже, че природният зеолит и обогатеният вермикулит могат да служат като бъдещи екологично чисти материали, за увеличаване на добива, намаляване на земеделските разходи и опазването на природните ресурси.

## Литература

**Arinushkina, E.** (1962). *Guide to chemical analysis of soils*. Moscow University Press. Moscow.

**Atanasov I. & D. Dimitrov.** (1982). General characteristics of soils developed on zeolite rocks of the Eastern Rhodopes. *Soil Science and Agrochemistry*, 1(1), 64-70.

**Benkova, M., Nenova, L., Simeonova, Ts. & Atanassova, I.** (2020). The effect of Fluvisol applied biochar on wheat yield and nutrient uptake. *Bulg. J. of Agric. Sci.*, 26(1), 84–90.

**Bigelow, C. A., Bowman, D. C., & Cassel, D. K.** (2004). Physical properties of three sand size classes amended with inorganic materials or sphagnum peat moss for putting green rootzones. *Crop Science*, 44(3), 900-907.

**Bremner, J., & Keeney, D.** (1965). Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate, and nitrite. *Anal. Chim. Acta* 32, 485-95.

**Gül, A., Eroğul, D., & Ongun, A. R.** (2005). Comparison of the use of zeolite and perlite as substrate for crisp-head lettuce. *Scientia Horticulturae*, 106(4), 464-471.

**Horneck, D., & Miller, R.** (1998). *Determination of total nitrogen in plant tissue*, in *Handbook of reference methods for plant analysis*, ed. by Y. Kalra, Taylor & Francis Group, LLC, p 75.

**Ivanov, P.** (1984). A new acetate-lactate method for determining the phosphorus and potassium available to plants in the soil. *Soil Science and Agrochemistry. Book 4*, 88-98.

**Kononova, M.** (1963). *Soil organic matter. Its nature, properties and methods of study*. ANSSR. Moscow.

**Litaor, M. I., Katz, L., & Shenker, M.** (2017). The influence of compost and zeolite co-addition on the nutrients status and plant growth in intensively cultivated Mediterranean soils. *Soil Use and Management*, 33(1), 72-80.

**Manolov, Iv.** (1989). *Modified natural zeolites as a nutrient medium for plants*. Author's thesis on the award of a scientific degree "candidate of biological sciences".

**Milcheva, M., & Brashnarova, A.** (1975). Comparative testing of some ways of mineralization of plant materials in serial analysis for the determination of P, K, Ca, Mg, Na, Zn, Mn, Cu, Fe by the methods of modern spectrophotometry. *Soil Science and Agrochemistry*, X(1).

**Ming, D. W., & Allen, E. R.** (1999). Zeoponic substrates for space applications: Advances in the use of natural zeolites for plant growth. In *Natural microporous*

materials in environmental technology (pp. 157-176). Springer, Dordrecht.

**Mitova, I., & Marinova, S.** (2012). Effects of enriched vermiculite on the formation of yield and quality in lettuce. *Soil Science and Agricultural Chemistry and Ecology*, XLVI(2).

**Mohd, H., Arifin, A., Shamshuddin, J., Osumanu, H. A., Hazandy, A. H., Mohd-Ashadie, K., ... & Nasima, J.** (2013). Effects of mixed organic and inorganic fertilizers application on soil properties and the growth of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) cultivated on BRIS soils. *American Journal of Applied Sciences*, 10(12), 1586-1597.

**Penchev, Vi.** (1973). *Molecular sieves - zeolites*.

**Potter, M. J.** (2004). *Vermiculite*. Pages 184–185 in *Mineral Commodity Summaries*, January 2004. Reston, VA: USGS.

**Stoilov, G.** (1986). Results from the experimental work on application on natural zeolites in plant-growing. In: *Natural zeolites – proceedings of the 4th Bulgarian-soviet Symposium on natural zeolites*. p 336-346.

**Stoyanov, St., G. Stoilov & V. Velchev.** (1986). Use of zeolite substrate for production of strawberry planting material. In: *Natural zeolites – proceedings of the 4th Bulgarian-soviet Symposium on natural zeolites*. p 385-388.

**Zerling, W.** (1978). *Agrochemical bases of diagnostics of mineral nutrition of agricultural crops*, Moscow.