



**ИЗПОЛЗВАНЕ НА КЛЪСТЕР АНАЛИЗ ЗА ОЦЕНКА НА ВЪЗДЕЙСТВИЕТО НА РАЗЛИЧНИЯ ПОЛИВЕН РЕЖИМ НА БАЗАТА НА ОСНОВНИ БИОМЕТРИЧНИ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ СОЯ, СОРТ „СРЕБРИНА”**

**THE USE OF CLUSTER ANALYSIS TO ASSESS THE IMPACT OF DIFFERENT IRRIGATION REGIMES BASED ON BASIC BIOMETRIC ELEMENTS OF SOYBEAN CV SREBRINA**

**Александър Матев\*, Велика Кунева\*, Радост Калайджиева  
Alexander Matev\*, Velika Kuneva\*, Radost Kalaidjieva**

Аграрен университет – Пловдив  
Agricultural University – Plovdiv

**\*\*E-mail: sa6\_m@abv.bg; kuneva@au-plovdiv.bg**

**Резюме**

Целта на проучването е да се направи оценка на сходството и отдалечеността на въздействието на различни поливни режими при соя (сорт „Сребрина”) и тяхното групиране на базата на основни биометрични показатели чрез прилагане на клъстер анализ. Използвани са двугодишни данни от полски опит, включващи неполивен и оптимален вариант, както и варианти с отмяна на поливки и с намалени поливни норми (общо 14 варианта). Експериментът е проведен през периода 2008–2009 г. за района на Пловдив. Направената класификация и групиране на вариантите чрез йерархичен клъстер анализ според генетичната им близост позволява да се увеличи обективността при оценката на комплексното въздействие на поливния режим върху биометричните показатели на соята. Резултатите от клъстер анализа са в синхрон с изводите, направени при анализ на приложените поливни режими и въздействието им върху растенията от биологична гледна точка.

**Abstract**

The aim of this study was to evaluate the similarity and distance effects of different irrigation regimes in soybeans (cultivar *Srebrina*) and their grouping based on some basic biometric elements by applying cluster analysis. Data from a two-year field experience were used for the purpose of the study, including a variant without irrigation and an optimal irrigation one, as well as variants with canceling of irrigations and reduced irrigation rates (14 variants in total). The experiment was carried out in the region of Plovdiv (Bulgaria) during the 2008–2009 period. The classification and grouping of the variants by hierarchical cluster analysis according to their genetic proximity allowed an increased objectivity of the evaluation of the combined effects of the irrigation regime on the biometric characteristics of soybeans. The results of the cluster analysis were consistent with the conclusions made in the analysis of the applied irrigation regimes and their impact on the plants from a biological perspective.

**Ключови думи:** соя, поливнен режим, клъстер анализ, дендрограма.

**Key words:** soybeans, irrigation regime, cluster analysis, dendrogram.

**ВЪВЕДЕНИЕ**

Изследванията за установяване на влиянието на поливния режим върху растежа, развитието и добива при соята са провеждани основно в няколко направления, а именно: за оптимизиране на неговите параметри; напояване при допускане на воден дефицит чрез удължаване на междуполивните периоди (напояване при по-ниска предполивна влажност); намаляване на размера на поливните норми и проверка на чувствителността на отделните фенофази към различните степени на почвено засушаване. В резултат на това в специализираната научна литература са публикувани голям брой статии, като са изнесени конкретни резултати за различни части на света и при различни почвено-климатични условия. Размерът на добива при соята е резултат от условията, при които се отглежда културата

в продължение на цялата вегетация, като пряко или косвено той зависи от елементите, определящи неговата структура. В този смисъл най-голямо значение има поливният режим. Според D'Andria et al. (1991) и Pritoni et al. (1992) водният стрес се отразява отрицателно върху цъфтежа и неговата продуктивност, като нараства процентът на опалелите цветове и намалява този на образувалите се бобове. Поддържането на оптимална почвена влажност през растежния период оказва положително влияние върху израстването на растенията, като се увеличава броят на плодните възли и броят на бобовете на един възел. По данни на Shreyder (1989), Ramseur (1984), Klik et al. (1991) напояването оказва положително влияние върху височината на растенията, броя на разклоненията, добива от зърно, като масата на 1000 семена се увеличава с 20%, а броят на бобовете – със

значителните 45%. Heatherly et al. (1987) установяват, че напояването води до увеличаване на броя на семената и до намаляване на тяхната маса, а в зависимост от поливния режим височината на соевите растения може да нарасне с над 30%. Продължителността на междуполивния период влияе съществено върху масата, листната площ и броя на бобовете на едно растение, броя и масата на семената и респективно – върху добива. В тази връзка са предложени различни критерии, при които се получават най-добри резултати, като например напояване с норма 50 mm през 7 дни (Wanapat et al., 1989; Rinaldi et al., 1996). Както по отношение на чувствителността към засушаване, така и по отношение на отзивчивостта към напояване, най-важен е периодът на цъфтежа (Scopel et al., 1992; Mahmoud et al., 1994). Водният дефицит през този период намалява значително вегетативната биомаса, освен това растенията остават ниски, като това се отразява и на броя на завръзките. Обратно, оптимизирането на почвената влажност до началото на наливането на зърното стимулира растежа на растенията във височина, увеличава броя на разклоненията и бобовете на едно растение, височината на залагане на първия боб, както и добива от зърно. Редовното напояване, но с по-малки от необходимите поливни норми, също оказва негативно влияние върху добива и неговите структурни елементи (Goreti et al., 1992; Restuccia et al., 1992; Pritoni et al., 1989; Moftah, 1997; Mehetre et al., 1997).

Освен конкретното влияние на даден поливнен режим върху добива и структурните му елементи поотделно (както обикновено се съобщава в литературните източници), съществува възможност за съставяне на комплексна оценка на базата данни за всички измерени и отчетени показатели. За целта използваме метода на клъстер анализа. При него изследваните варианти се разпределят в групи, наречени клъстери, на базата на определен набор от признаци. Провеждането му позволява групиране на обектите по сходство и различия. Резултатите графично се представят с дендрограма, нагледно показваща групирането на изследваните варианти. Методът успешно се използва за групиране и оценка на сортове и линии от различни култури (Ivanova et al., 2010; Krasteva et al., 2010; Ilchovska et al., 2013), за групиране на почвени различия (Doneva et al., 2008). Въз основа на получените резултати може да се повиши прецизността при оценката на съответния поливнен режим, което е предпоставка за увеличаване на точността при вземане на конкретни решения в практиката и реалното напояване на соята.

Основната цел на това проучване е оценката на сходство и отдалеченост на въздействието на различни поливни режими при соята от сорта „Сребрина“ и тяхното групиране на базата на основни биометрични показатели чрез използване на клъстер анализ.

## МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

За целта на разработката са използвани двугодишни данни от изпитването на различни поливни режими при соя, сорт „Сребрина“, през 2008 и 2009 г. Те са част от данните от дългогодишен полски експеримент, проведен с различни сортове соя през периода 2002-2009 г. в УОП на катедра „Мелиорации“ при АУ - Пловдив.

Опитът е заложен по блоковия метод в три повторения (Barov, 1982). Изпитани са следните варианти:

- 1) без напояване;
- 2) оптимално напояване при предполивна влажност 80% от ППВ;
- 3) напояване заедно с вариант 2, но без първа поливка;
- 4) напояване заедно с вариант 2, но без втора поливка;
- 5) напояване заедно с вариант 2, но без трета поливка;
- 6) реализиране само на първата поливка;
- 7) реализиране само на втората поливка;
- 8) реализиране само на третата поливка;
- 9) напояване заедно с вариант 2, но с 30% намаление на поливните норми;
- 10) напояване заедно с вариант 2, но с 50% намаление на поливните норми;
- 11) напояване заедно с вариант 2, но със 70% намаление на поливните норми;
- 12) напояване през бразда с 50% намаление на поливните норми;
- 13) напояване заедно с вариант 2, но без четвърта поливка;
- 14) реализиране само на четвърта поливка.

Напояването е извършвано по къси затворени бразди, а поливната норма при оптималния вариант е изчислявана за навлажняване до ППВ на слоя от 0 до 60 cm. При всички останали варианти времето за напояване и размерът на поливните норми са съобразно с посочените конкретни особености. Тъй като за условията на експеримента много рядко се налага на соята да бъдат подадени повече от три поливки, вариантите 13 и 14 са предвидени в края на схемата.

Оценката на изпитаните поливни режими е направена на базата на следните биометрични показатели: височина на растенията (cm), височина на залагане на първия боб (cm), брой на разклоненията, брой на междувъзлията (общо, на централното стъбло, на едно разклонение (средно) и на разклоненията) на едно растение, средна дължина на междувъзлията на централното стъбло (cm), брой бобовете на едно растение (общо, на централното стъбло и на разклоненията), брой бобовете на едно растение (на централното стъбло и по разклоненията), брой на зърната в един боб (средно), брой бобовете на едно междувъзлие (по централното стъбло и по разклоненията).



та), брой бобове на едно междувъзлие (общо на централното стъбло и на разклоненията), тегло на 1000 семена (g), хектолитрово тегло (kg), добив от зърно, жътвен индекс, зърно и надземна биомаса (въздушно суха).

Групирането на 14-те изследвани варианта на поливния режим е направено чрез йерархичен клъстер анализ. Използван е методът на междугруповото свързване (Ward, 1963; Dyuran & Odelly, 1977). Като мярка за сходство е използвано евклидовото междугрупово разстояние

$$D(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

Построена е дендрограма, чрез която графично са представени образуваните клъстери. Пунктираната хоризонтална линия на дендрограмата показва рескалираното разстояние, при което са формирани клъстерите.

Обработката на данните е извършена със статистическата програма SPSS.

### РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Степента на влияние на даден поливен режим зависи в голяма степен от метеорологичните условия през вегетационния период, като най-голямо значение има количеството и разпределението на валежите (табл. 1). Освен това, като бобова култура, соята е чувствителна на атмосферната влажност и на температурата на въздуха през периода на цъфтежа.

По отношение на валежите първата година е средна с обезпеченост  $P = 45,9\%$  и сума на валежите 231 mm. Разпределението им през вегетационния период е неравномерно и без значителни еднократни количества. През май сумата им е малко под нормата, а през юни – малко над нея, като почти цялото количество за месеца е през първата му половина (през растежния период). През юли валежите са 20 mm, а през ав-

густ – 3,4 mm, т.е. при неполивни условия целият репродуктивен период на соята протича в условията на интензивно почвено засушаване. Годишната е средно топла, с обезпеченост 35,1%, а по отношение на дефицита на влажността на въздуха – средно суха, с обезпеченост 22,7%. При тези условия при оптималния вариант са реализирани общо три поливки, като първата е през периода на масов цъфтеж и начало на бобообразуване (първата декада на юли), втората – през периода на интензивно бобообразуване (21 юли) и третата – през периода на наливане на зърното (първата декада на август). Втората опитна година (2009) е средно суха, със сума на валежите за периода май-септември 190,2 mm и обезпеченост 69,4%. Като се има предвид малкият водоразход на културата през растежния период, валежите в общи линии са достатъчни, тъй като са сравнително чести, но малки като количество. Периодът на цъфтеж настъпва със засушаване, продължаващо над 20 дни, след което през периода на наливане на зърното падат незначително количество валежи, а засушаването продължава до края на вегетацията. Годишната е топла, с обезпеченост 13,8%, а по отношение на дефицита на влажността на въздуха – средно суха до суха, с обезпеченост 18,7%. При тези условия при оптималния вариант са реализирани общо четири поливки, като първата е през периода на масов цъфтеж (на 21 юни), втората – през периода на масов цъфтеж и бобообразуване (първата декада юли), третата – в началото на фаза „наливане на зърното“ (22 юли), а последната, четвърта поливка е реализирана също така през периода на наливане на зърното (31 юли).

Разликата в метеорологичните условия и продиктуваните от това разлики в елементите на поливния режим оказват съществено влияние върху получените резултати както по отношение на добива, така и по отношение на неговите структурни елементи.

**Таблица 1.** Обезпеченост на метеорологичните фактори за района на Пловдив за периода V-IX  
**Table 1.** Probability of meteorological factors for the region of Plovdiv for the period of V-IX

Фактор/Factor		Всички опитни години/All experimental years		
		Средно/Average	2008	2009
$\Sigma T^{\circ}$	$^{\circ}\text{C}$	3181 $^{\circ}\text{C}$ (за 93-годишен период/ for 93 years)	3243	3326
	P %		35.1	13.8
$\Sigma D$	hPa	1430 hPa (за 74-годишен период/ for 74 years)	1587	1629
	P %		22.7	18.7
N	mm	241.9 mm (за 97-годишен период/ for 97 years)	231.0	190.2
	P %		45.9	69.4

$\Sigma T^{\circ}$  – температурна сума (temperature);  $\Sigma D$  – сума на дефицита на влажността на въздуха (vapor pressure deficit); N – валежи (precipitations); P% – емпирична обезпеченост на метеорологичните фактори (empirical probability of meteorological factors)

**Таблица 2.** Комбиниране на клъстерите и междугруповите разстояния  
**Table 2.** Combining of clusters and inter-group distances

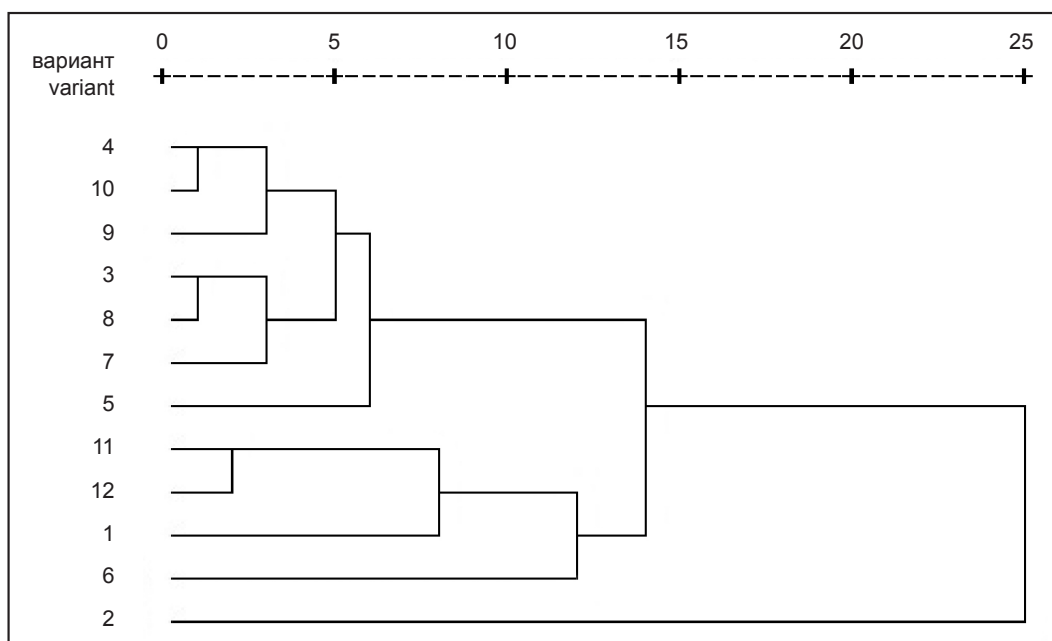
2008 година/year				2009 година/year			
Стъпки Steps	комбинирани клъстери combined clusters		Коефициенти Coefficients	Стъпки Steps	комбинирани клъстери combined clusters		Коефициенти Coefficients
	кълъстер 1 cluster 1	кълъстер 2 cluster 2			кълъстер 1 cluster 1	кълъстер 2 cluster 2	
1	4	10	6.202	1	4	9	5.354
2	3	8	8.142	2	4	5	6.876
3	11	12	11.548	3	4	12	7.281
4	3	7	13.332	4	4	10	9.725
5	4	9	13.439	5	8	11	12.145
6	3	4	18.387	6	4	13	15.367
7	3	5	22.410	7	4	8	21.643
8	1	11	29.564	8	2	4	30.038
9	1	6	40.344	9	1	14	33.038
10	1	3	47.483	10	2	6	36.289
11	1	2	80.267	11	2	3	41.711
–	–	–	–	12	2	7	46.255
–	–	–	–	13	1	2	77.671

След направения клъстер анализ става ясно, че въздействието на поливния режим върху биометричните показатели при соята се групира в три основни клъстера. Резултатите са представени както таблично, със стъпките на комбиниране на клъстерите и междугруповите разстояния (табл. 2), така и чрез дендрограми (фиг. 1 и 2).

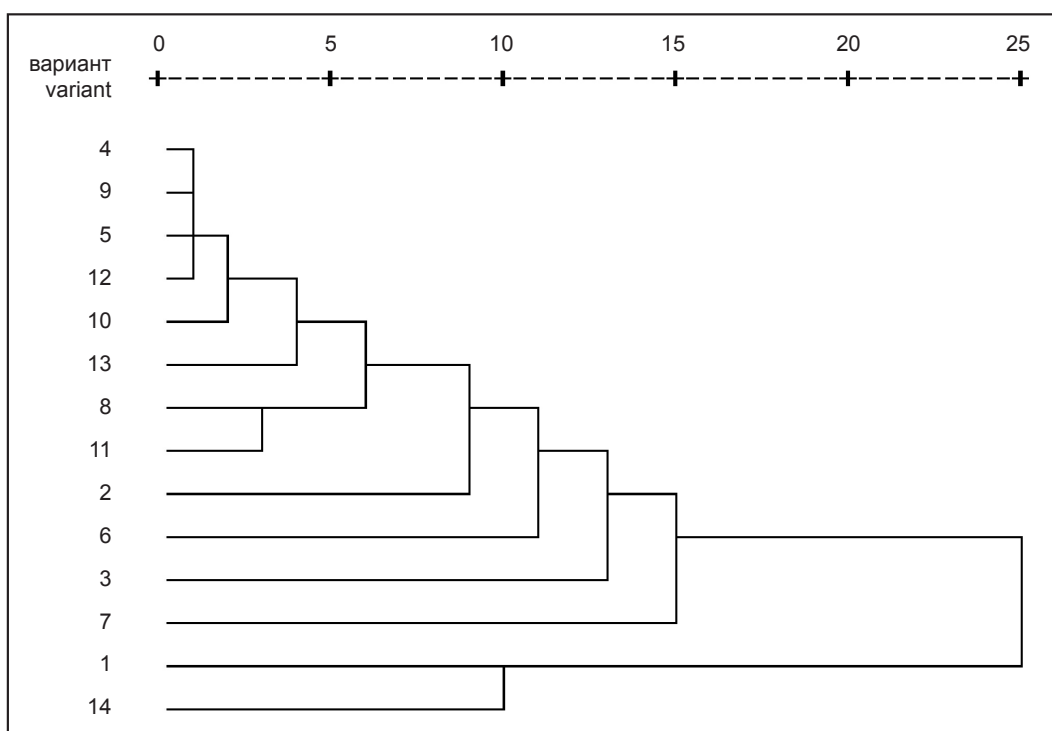
Резултатите от 2008 г. показват, че вариантите се разпределят в три клъстера. Първият клъстер с много близки резултати включва два подкълъстера. Първият подкълъстер включва вариантите 4, 10, 9, а вторият - варианти 3, 8, 7, които на следващия етап се обединяват с 4, 10, 9. Това са варианти, при които е допуснат малък до умерен воден дефицит. Те са с най-голямо сходство по всички изследвани показатели и с най-малко евклидово разстояние между тях. Вариант 5 също показва сходство с горепосочените варианти, но допуснатият воден стрес при него е през периода на наливане на зърното, което рефлектира върху голяма част от използваните в анализа структурни елементи (положително е влиянието върху елементите на вегетативния растеж, като са създадени условия за интензивно бобообразуване, а отрицателното въздействие е свързано с невъзможността за изхранване на големия брой бобове и зърната в тях). Логично най-отдалечени са вариантите 1 (без напояване) и 2 (оптимално напояване), с междугрупово разстояние, показано в таблица 2.

Резултатите от 2009 г. показват, че вариантите се разпределят отново в три основни клъстера. Първият клъстер с много близки разстояния включва два подкълъстера, единият е отново с варианти 4, 9, 10, а другият – с варианти 5 и 12 (фиг. 2). Тук при вариант 5 е отменена само една поливка в началото на фаза „наливане на зърното“, като впоследствие (след по-малко от 10 дни) е реализирана още една поливка. Поради това описаната за предходната година ситуация не се повтаря. Относно вариант 12, същият е близък до вариант 10 поради еднаквите по размер поливни норми, реализирани на единица площ. Поради това двата варианта са логично в съседни подкълъстери. И през тази година с най-далечни разстояния са вариантите 1 и 2.

От дендрограмите се вижда, че за първата година варианти 1, 6 и 2 се намират на по-голямо евклидово разстояние и са отделени от формираните по-горе клъстери, а за втората година това са вариантите 11, 7 и 1. Същите са много близо или до оптималния, или до ненапоявания вариант, поради което върху стойностите на използваните показатели много съществено влияние оказва характерът на годината. Това се отнася в голяма степен и за вариантите 13 и 14, реализирани през 2009 г. Междугруповите разстояния между посочените варианти показват, че същите се различават по комплексната оценка на разглежданите показатели.



**Фиг. 1.** Йерархичен клъстер анализ в зависимост от поливния режим за 2008 г.  
 Дендрограма на базата на средните междугрупови разстояния  
**Fig. 1.** Hierarchical cluster analysis according to the irrigation regime in 2008.  
 Dendrogram based on the average inter-group distances



**Фиг. 2.** Йерархичен клъстер анализ в зависимост от поливния режим за 2009 г.  
 Дендрограма на базата на средните междугрупови разстояния  
**Fig. 2.** Hierarchical cluster analysis according to the irrigation regime in 2009.  
 Dendrogram based on the average inter-group distances



## ИЗВОДИ

Направената класификация и групиране на вариантите чрез йерархичен клъстер анализ според генетичната им близост позволява да се увеличи обективността при оценката на комплексното въздействие на поливния режим върху биометричните показатели на соята. Резултатите от клъстер анализа са в синхрон с изводите, направени при анализ на приложените поливни режими и въздействието им върху растенията от биологична гледна точка.

## LITERATURE

- Barov, V.*, 1982. Analiz i shemi na polskia opit. NAPS, Sofia.
- D'Andria, R., F. Q. Chiaranda, P. Tedesch, P. Salzillo*, 1991. Risposta di due varietà di soia (*Glycine max* L. Merr.) a regimi irrigui diversi. Nota II. Dinamica della fioritura. *Rivista di Agronomia*, 25: 4, 527-532.
- Doneva, K., I. Ivanova, V. Ilieva*, 2008. Grupirane na razprostraneni pochveni razlichia chrez klaster analiz, vaz osnova na danni za osnovni svoystva na pochvite i toplinnite im svoystva, II Balkanska nauchna konferentsia, 26-27 septemvri, Blagoevgrad, 325-332.
- Dyuran, B., P. Odelly*, 1977. Klasterniy analiz. M., Statistika.
- Goreti, C. F., F. Rossini*, 1992. Criteri irrigui per soia (*Glycine max* /L./ Merr.) con strumentazione semplificata. Ricerca nella media valle del Tevere. *Rivista di Agronomia*, 26: 4, 671-675.
- Heatherly, L. G., C. D. Elmore*, 1987. Irrigation and planting date effects on soybean grown on clay soil. *Agronomy Journal*, 78: 4, 576-580.
- Ilchovska, M., I. Ivanova*, 2014. Usage of cluster analysis for grouping hybrids and evaluation of experimental mutant maize hybrids. *Agricultural Science And Technology*, Vol. 6, № 1, 14–16.
- Ivanova, I., S. Grozeva, V. Rodeva*, 2010. Otsenka na mutantni formi domati i tehните izhodni linii chrez klasteren analiz i faktoren analiz, Nauchni trudovena AU - Plovdiv, v. LV, kn.1.
- Klik, A., P. Cepuder*, 1991. Irrigation of soybeans improves quality. *Forderungsdinst*, 39: 11, 322-324.
- Krasteva, L., I. Ivanova, N. Velcheva*, 2010. Grouping of determinate local tomato varieties on the basis of cluster analysis, *Agricultural science and technology*, vol.2, No3, 113-115.
- Mahmoud, S. M., I. A. El Far*, 1994. Influence of irrigation regimes and inoculation with rhizobia on the productivity of soybean. *Assiut Journal of Agricultural sciences*, 25: 5, 109-117.
- Mehetre, S. S., U. S. Wayase, B. M. Jamadagni, A. B. Deshpande*, 1997. Effect of water stress on growth and yield of soybean. *Annals of Agricultural Research*, 18: 3, 290-294.
- Moftah, A. E.*, 1997. The response of soybean plants, grown under different water regimes, to anti-transpirants application. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, 35: 1, 263-292.
- Pritoni, G., G. Venturi, P. Rossi, M. T. Amaducci, N. Gaspar*, 1989. Effetti del volume stagionale di irrigazione su soia. *Irrigazione e Drenaggio*, 36: 4, 160-165.
- Pritoni, G., G. Venturi, M. T. Amaducci*, 1990. Effetti di regimi idrici o abbondanti in fasi critiche della soia. Fase del riempimento del baccello. *Irrigazione e Drenaggio*, 37: 4, 29-34.
- Pritoni, G., G. Venturi, M. T. Amaducci*, 1992. Regime idrico e accrescimento in soia (*Glycine max* /L./ Merr.). *Rivista di Agronomia*, 26: 4, 785-790.
- Ramseur, E.*, 1984. Distribution pattern of yield components in "Braxton" soybeans. *Agronomy Journal*, 76: 3, 493-497.
- Restuccia, G., G. Mauromicale, A. Ierna*, 1992. Influenza del regime irrigua sul comportamento agronomico della soia (*Glycine max* /L./ Merr.) coltivata in ambiente mediterraneo. *Rivista di Agronomia*, 26: 4, 777-784.
- Rinaldi, M., D. Ventrella, F. Fornaro*, 1996. Analisi di crescita bilancio idrico e produzione di soia (*Glycine max* /L/ Merr.) in secondo raccolto dopo frumento duro (*Triticum durum* Desf.) sottoposta a due livelli di input agrotecnico. *Rivista di Agronomia*, 30: 2, 160-167.
- Scopel, E., P. Roumet, D. Come, F. Corbineau*, 1992. Alimentation en eau d'une culture de semences de soja au cours de la floraison. *Proceedings of the Fourth International Workshop on Seeds: basic and applied aspects of seed biology*, Angres, France, 20–24 July, Vol. 3; 963-968.
- Uppal, H. S., S. Balwinder, S. S. Mahal, B. S. Mancofia, B. Singh*, 1997. Effect of soil moisture regimes and phosphorus levels in soybean (*Glycine Max* /L/ Merr.). *Environment and Ecology*, 15: 4, 961-964.
- Shreyder, V.*, 1989. Rekomendatsii po rezhimu oroshenia soi. Anon. J'aime L'eau, Motor. *Techn. Agr.*, 6, 177-178.
- Wanapat, S., S. Detpiratmongkol*, 1989. Yield responses of soybean "SJ-4" grown under different water regimes. *Thai. J. Agr. Sc.*, 22: 1, 37-46.

Статията е приета на 03.02.2014 г.  
Рецензент – проф. д-р Дочка Димова  
E-mail: dimova511@yahoo.com