https://doi.org/10.61308/ETZO3899

Динамика в съдържанието на химични компоненти по време на съхранение на лук, отглеждан едногодишно при различни поливни режими

Стефка Генова*, Велика Ботева
Институт по зеленчукови култури „Марица", Пловдив
Селскостопанска академия - София
Стефка Генова ORCID ID: 0000-0002-8680-9251
Велика Ботева ORCID ID: 0009-0001-4691-2369
*E-mail: *stefim@abv.bg*

Резюме: Проучено е влиянието на два поливни режима (оптимален и редуциран на 50%) върху състава на химични компоненти при три сорта лук: с бяло, червено и жълто оцветяване на външните обвивни люспи. Проследена е промяната в съдържанието на сухото вещество, моно- и дизахариди и целулоза по време на съхранение. Стойностите на сухото вещество са по-високи при луковиците от режима с редуцирано напояване през целия период на съхранение. Съдържанието на монозахариди се увеличава в процеса на съхранение, независимо от начина на отглеждане. Установено е намаление в съдържанието на дизахариди след реколтиране при сортовете Конкурент бял, при отглеждане в двата варианта на напояване и при Асеновградска каба 5, при отглеждане с оптимално напояване. Съдържанието на целулоза се увеличава в края на деветия месец от съхранението, като при луковиците от варианта с редуцирано напояване увеличението е по-силно изразено. Резултатите от двуфакторния дисперсионен анализ показват доминиращо влияние на генотипа върху изследваните химични показатели. Не се наблюдава еднопосочна и стабилна изява на влиянието на фактора напояване върху съдържанието на химичните показатели в процеса на съхранение.

Ключови думи: *Allium cepa* L.; сухо вещество; монозахариди; дизахариди; целулоза; редуцирано напояване; дългосрочно съхранение

Dynamics of chemical components in annual onion cultivation under different irrigation regimes

Stefka Genova*, Velika Boteva
Maritsa Vegetable Crops Research Institute, Plovdiv,
Agricultural Academy – Sofia, Bulgaria
Stefka Genova ORCID ID: 0000-0002-8680-9251
Velika Boteva ORCID ID: 0009-0001-4691-2369
*E-mail: *stefim@abv.bg*

Citation: Genova, S., & Boteva, V. (2025). Dynamics of chemical components in annual onion cultivation under different irrigation regimes. *Bulgarian Journal of Crop Science, 62*(6) 69-78 (Bg).

Abstract: The influence of two irrigation regimes (optimal and 50% reduced) on the composition of chemical components in three onion varieties: with white, red and yellow coloring envelope flakes was studied. The change in the content of dry matter, моно- and disaccharides, and cellulose during storage was monitored. The values of dry matter were higher in the bulbs from the reduced irrigation regime throughout the storage period. The content of monosaccharides increased during the storage process. This was an indication of a gradual

increase in the content of monosaccharides, regardless of the cultivation method. A decrease in the content of disaccharides after harvest was found in the varieties Konkurent biyal when grown in both irrigation variants and in Asenovgradska kaba 5 when grown with optimal irrigation. The content of cellulose increased at the end of the ninth month of storage. The increase was more expressed in the bulbs from the reduced irrigation variant. The results of the two-way analysis of variance showed a dominant influence of the genotype on the studied chemical components. No unidirectional and stable manifestation of the influence of the irrigation factor on the content of the studied chemical indicators during the storage process was observed.

Keywords: *Allium cepa* L.; dry matter; monosaccharides; disaccharides; cellulose; reduced irrigation; long-term storage

ВЪВЕДЕНИЕ

Родът *Allium* е един от най-широко разпространените едносемеделни родове, съставляващи над 850 растителни вида (Deniz et al., 2015). Световният генофонд от лук се оценява на над 20 000 и може да бъде подразделен на три отделни групи: обща група, група от агрегати и група от целогодишно растящи видове (Fritsch and Friesen, 2002).

Луковата култура (*Allium cepa* L.) е от изключително икономическо значение, като е сред най-важните зеленчукови култури в света (Faostat, 2021). У нас площите, заети с лук, възлизат на 2318 ha (Agrostatistics, 2023). Членовете на групата на обикновения лук включват открито опрашвани традиционни и модерни сортове, хибриди и местни сортове, които се отглеждат по целия свят (Lee et al., 2018). Едни от най-големите производители на лук в света са Китай, Индия и Съединените Американски щати, съответно с 24.775.344, 22.071.000 и 3.284.420 тона (Faostat, 2021). Лукът (*Allium cepa L.*) е световно признат като жизненоважна зеленчукова култура, ценена не само заради кулинарните си приложения, но и заради многобройните си здравословни свойства. С изменението на климата, което създава нарастващи предизвикателства пред селското стопанство, запазването и внедряването на зародишната плазма на лука става критично за осигуряване на устойчиво земеделие. Глобалните колекции от зародишна плазма на лук играят ролята на хранилища на генетично разнообразие, съдържащи в себе си широк набор от ценни черти или гени. Те могат да бъдат използвани за разработване на сортове, устойчиви на климатичните неблагоприятни условия (Kingsley & Seong-Hoon, 2023). Сушата води до промени в биохимичния състав на генотипите от лук. Следователно, водният стрес намалява синтеза на вторични метаболити като феноли, флавоноиди, танини и пировинова киселина. За разлика от това, сушата причинява повишаване на нивата на пролин, общи захари, общо разтворими твърди вещества и водороден пероксид в култивираните генотипове лук (Vidyavani al., 2019). Wakchaure et al. (2021) установяват, че дефицитът на вода също води до натрупването на разтворими твърди вещества, общи феноли, протеини, сухо вещество, повишава pH и качеството на рехидратация, освен че потенциално засяга ензимната активност (SOD и POD) на сортовете лук. Подобрението в характеристиките на качеството на луковиците като сухо вещество, разтворими твърди вещества и протеиново съдържание на бели сортове при среден дефицит (IW: CPE 0,40–0,59), допълнително показва тяхната пригодност за преработвателната промишленост. Вариантите, получили оптимално количество вода за напояване или малко по-малко, са имали удължени дни до зрялост, докато тези, които са получили само една четвърт от пълното напояване през целия вегетационен период, са узрели по-рано (Tolossa, 2021). Водният стрес в определени етапи може да окаже отрицателно въздействие върху качеството, което води до намаляване на размера и вегетативните

пъпки на луковиците (Ortolá and Knox, 2015). Дефицитът на вода в почвата се съпровожда с намаляване съдържанието на хранителни вещества в корените, потиска растежа на разсада, нетната скорост на асимилация на CO_2, устичната проводимост и скоростта на дишане, но увеличава ефективността на използване на вода на ниво лист (Ikkonen et al., 2021). Взаимодействието на факторите 25% налична почвена влага и 100 kg N ha^{-1} показва най-висок процент сухо вещество в луковиците. Третиранията с 25% използваема влажност и азотно торене от 150 и 250 kg ha^{-1} благоприятстват физичните, химичните и биоактивните качества на луковицата (Heredia et al., 2023). Намалено напояване с 50% през 3-дневен интервал може да бъде опция, когато има ограничение на водоснабдяването, особено в сухи и полусухи райони. (Yersaw and Lohan, 2022). Резултатът показва, че добивът от луковици е най-чувствителен към водния дефицит, във фазата на формиране на луковицата. Като цяло, стратегията за намаляване на напоителната норма с 25% през фазата на формиране на луковицата не стресира растенията и води до по-висок добив от луковици, в сравнение с вариантите с оптимално напояване през целия сезон на по-малка площ. (Dirirsa et al., 2017).

Сред другите физикохимични и функционални качествени характеристики на луковицата, коефициентът на рехидратация, съдържанието на протеини, общите разтворими захари, общото съдържание на феноли и пировиновата киселина са били понижени от водния дефицит (Wakchaure et al., 2018). Използването на ризобактерии, растителни екстракти, регулатори на растежа, добри агрономически практики и подходящи напоителни системи, доказано подобрява производството при условия на недостиг на вода. Морфо-физиологичните, биохимичните и генетичните реакции, както и свързаните с тях механизми на толерантност и подходи за решаване на проблема със сушата при лука, изискват по-нататъшно проучване. Това изследване ще помогне за генерирането на необходимите знания за ускоряване разработването на водоустойчиви сортове лук (Sansan et al., 2024). Глобалното търсене на лук продължава да се повишава, обусловено от увеличаването на населението, урбанизацията и нарастващото предпочитание към здравословни растителни диети. Тъй като потребителите търсят по-питателни хранителни варианти, лукът набира популярност заради ползите си за здравето, като например богатият състав на антиоксиданти и витамини с противовъзпалителни свойства (Teshaboev, 2024).

Целта на настоящото проучване е да се проследят промените в съдържанието на някои химични компоненти, настъпващи по време на съхранение при различни сортове лук (*Allium cepa* L.), отглеждани в условията на оптимално и редуцирано напояване.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Научната и експериментална работа е осъществена през периода 2022-2023 г. При полски условия са отгледани три сорта лук от съществуващата колекция в ИЗК „Марица“, отнасящи се към различен сортотип: сладки – Асеновградска каба 5 с червени обвивни люспи, Испански 482 с жълти обвивни люспи и сортотип лютиви – Конкурент бял с бели обвивни люспи. Полският опит е проведен в четири повторения по схема 85+25+25+25 cm, на висока равна леха. Опитната площ на всяка парцелка е с площ от 4.8 m^2. Растенията са отгледани едногодишно, по приета стандартна технология чрез директна сеитба на семената (Bachvarov et al., 1990).

Проучването анализира реакцията на лука по време на съхранение в зависимост от условията на оптимално и редуцирано напояване през вегетационния период. Най-чувствителните етапи към воден стрес са начало на поникване и периода на формиране на луковиците.

Първият вариант е отгледан при оптимални за растенията поливни условия с напоителна норма от 180 m^3/da. Вторият опит е из-

веден в условията на 50% намалена поливна норма от 90 m^3/da, която е приложена при достигане на фазата за разсаждане.

Непосредствено след реколтиране на продукцията, след три, шест и деветмесечно съхранение, поотделно на пет, предварително маркирани луковици, е определено съдържанието на: разтворими сухи вещества с дигитален рефрактометър; тегловно сухо вещество чрез изсушаване на хомогенизиран материал при 50^0C до постоянно тегло; монозахариди, дизахариди и общи захари по Шоорл-Регенбоген (Genadiev et al., 1969) и целулоза по Хенеберг-Щоман (Genadiev et al., 1969). Условията на съхранение са естествени в складово помещение. Поддържаните температури са в диапазона 1-12 °C през периода декември - май.

Получените резултати са обработени с множествен дисперсионен анализ по Duncan (DMRT) ($P<0.05$), двуфакторен дисперсионен анализ и вариационен анализ. Всички статистически анализи са извършени с програмен продукт SPSS-16 for Windows.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Влиянието на поливните условия и периодите на съхранение върху изследваните химични компоненти показват, че те варират както между сортовете, така и според начина на отглеждане (Фигура 1).

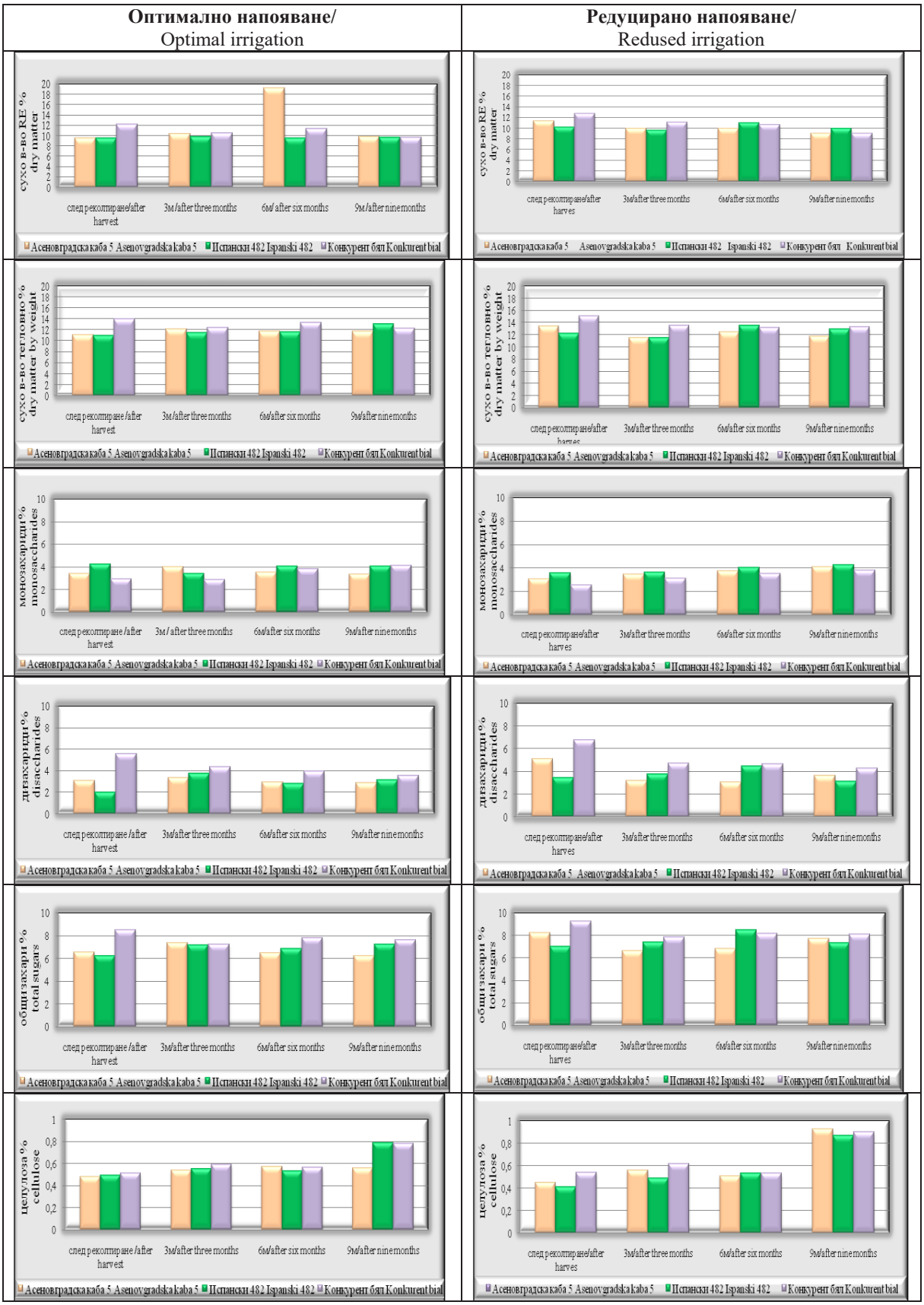
Съдържанието на сухо вещество в луковиците, отгледани в условията на редуцирано напояване намалява до третия месец на съхранението и при трите проучени сорта. До края на деветия месец се наблюдава нееднопосочна промяна на изследвания показател. При луковиците, отгледани в условията на оптимално напояване, няма ясно изразена тенденция към увеличаване или намаляване на съдържанието на сухо вещество. В преобладаващата част, сухото вещество, измерено тегловно (което е по-точният метод за анализ на този компонент), е по-високо при луковиците от режима с редуцирано напояване през целия период на съхранение. Наблюдава се и по-високо съдържание на общи захари, което съвпада с резултатите, получени от Vidyavani et al. (2019). При този вариант на напояване, различията между сортовете са по-ясно изразени (Таблица 2). Изследваните химични компоненти варират както между сортовете, така и в зависимост от начина на отглеждане и от сроковете на съхранение (Фигура 1). Монозахаридите се увеличават в процеса на съхранение (Фигура 1). По време на лагеруването в луковиците протичат активни ензимни процеси, водещи до промени в химичния им състав. Започва прорастване, което причинява влошаване на сензорния профил и загуби в стоковото качество. Това е индикация за плавно повишаване на съдържанието на монозахариди, независимо от начина на отглеждане.

В процеса на съхранение дизахаридите в луковиците преминават в монозахариди, които се изразходват в процеса на дишането. Намаление в съдържанието на дизахариди след реколтиране се установява при сортовете Конкурент бял, при отглеждане в двата варианта на напояване и при Асеновградска каба 5, при отглеждане с оптимално напояване. Сортовата реакция към съдържанието на моно и дизахариди е най-ясно изразена при Конкурент бял (Таблица 3).

Съдържанието на общи захари в известна степен следва тенденциите на дизахаридите (Фигура 1). При Конкурент бял посоката е към по-ниски стойности след реколтирането, докато при Испански 482 – към по-високи.

Наблюдава се увеличение в съдържанието на целулоза в края на деветия месец от съхранението, като при луковиците от варианта с редуцирано напояване увеличението е по-силно изразено (Фигура 1).

Резултатите от двуфакторния дисперсионен анализ показват доминиращо влияние на генотипа върху изследваните химични показатели (Таблица 1). За сухо вещество и монозахариди този извод е валиден за всички срокове на съхранение. При дизахариди и общи захари, генотипът оказва влияние след реколтирането, след шест и девет месечно съхранение.



Фигура 1. Съдържание на химични показатели в луковиците
Figure 1. Content of chemical components in the bulbs

Таблица 1. Двуфакторен дисперсионен анализ на изследваните химични показатели в луковиците

Table 1. Two-way analysis of variance of the studied chemical components in the bulbs

Химични компоненти/ Chemical components	**Фактор А (генотип)/ Factor A (genotype)**	**Фактор В (напояване)/ Factor B (irrigation)**	**AxB**	**Случаен фактор/ Residue**
След реколтиране/ After harvesting				
Сухо вещество/ Dry matter	54.99***	20.93**	1.84	22.24
Монозахариди/ Monosaccharides	56.65**	12.88*	1.25	29.22
Дизахариди/ Disaccharides	61.09***	18.05**	0.89	19.97
Общи захари/ Total sugars	53.51**	17.09*	2.69	26.71
Целулоза/ Cellulose	41.26**	1.65	20.93*	36.16
След 3-месечно съхранение/ After 3 months of storage				
Сухо вещество/ Dry matter	43.77*	0.33	13.29	42.60
Монозахариди/ Monosaccharides	48.71**	0.00	16.37	34.91
Дизахариди/ Disaccharides	28.38	0.07	1.43	70.11
Общи захари/ Total sugars	8.43	0.10	12.35	79.12
Целулоза/ Cellulose	42.86*	0.43	14.29	42.43
След 6-месечно съхранение/ After 6 months of storage				
Сухо вещество/ Dry matter	33.69***	26.96***	26.79***	12.56
Монозахариди/ Monosaccharides	44.26*	0.24	16.76	38.73
Дизахариди/ Disaccharides	34.07*	19.13*	12.01	34.79
Общи захари/ Total sugars	44.55**	20.41**	11.60	23.44
Целулоза/ Cellulose	2.84	10.48	7.37	79.30
След 9-месечно съхранение/ After 9 months of storage				
Сухо вещество/ Dry matter	55.88***	0.43	23.79**	19.89
Монозахариди/ Monosaccharides	45.44**	5.19	12.36	37.01
Дизахариди/ Disaccharides	47.21***	4.27	30.60**	17.92
Общи захари/ Total sugars	49.71**	1.15	17.27	31.87
Целулоза/ Cellulose	16.28	40.24**	4.69	38.79

Преобладаващо влияние на генотипа по отношение на съдържанието на целулоза е отчетено в първите два срока на съхранение. След шест и девет месеца влиянието е незначително. Развитието и оцветяването на вегетативните пъпки е един от показателите, характеризиращи зимната съхраняемост на лука. При продължително съхранение започва формиране на нови вегетативни пъпки, в резултат на което луковиците прорастват. Появата на кълнове в луковицата променя не само дизайна на нейната повърхност, но и химичния състав, в частност съдържанието на целулоза в обвивните люспи. Механиката на луковицата се променя, части от люспите се деформират и се появяват кухини във вътрешността. Всичко това неизбежно може да маскира влиянието на генотипа върху съдържанието на целулоза, което се доказва от резултатите от двуфакторния дисперсионен анализ след шест и деветмесечно съхранение.

След реколтиране, влиянието на режима на напояване, макар и с по-ниски стойности от този на генотипа, е статистически доказа-

Таблица 2. Множествен дисперсионен анализ по Duncan и вариационен коефициент на съдържание на сухо вещество и целулоза в луковиците, отгледани при два режима на напояване

Table 2. Duncan's multiple range test and coefficient of variation of dry matter and cellulose content in bulbs, grown under two irrigation regimes

Сорт/ Variety	Сухо вещество по рефрактометър/ Brix				Сухо вещество (тегловно)/ Dry matter				Целулоза/ Cellulose			
	DMRT		CV(%)		DMRT		CV(%)		DMRT		CV(%)	
	R	O	R	O	R	O	R	O	R	O	R	O
След реколтиране/After harvesting												
Асеновградска каба 5/ Asenovgradska kaba 5	ns	b	14.83	9.81	ab	b	12.22	10.59	b	b	10.53	7.61
Испански 482/ Ispanski 482	ns	b	28.14	18.07	b	b	23.86	16.07	b	ab	19.34	11.24
Конкурент бял/ Konkurent biyal	ns	a	12.58	11.46	a	a	11.58	10.99	a	a	25.18	18.46
След 3-месечно съхранение/After 3 months of storage												
Асеновградска каба 5/ Asenovgradska kaba 5	ns	ns	21.25	20.85	b	ns	18.85	18.43	ab	b	17.91	8.05
Испански 482/ Ispanski 482	ns	ns	26.91	18.18	b	ns	23.64	17.16	b	b	20.69	17.86
Конкурент бял/ Konkurent biyal	ns	ns	25.12	19.54	a	ns	22.73	16.06	a	a	24.04	14,99
След 6-месечно съхранение/After 6 months of storage												
Асеновградска каба 5/ Asenovgradska kaba 5	b	b	12.65	18.71	b	b	10.14	17.06	ns	ns	17.63	17.79
Испански 482/ Ispanski 482	a	b	6.34	9.61	a	b	7.88	9.00	ns	ns	20.47	16.59
Конкурент бял/ Konkurent biyal	a	a	13.41	10.06	a	a	11.68	7.69	ns	ns	8.93	21.43
След 9-месечно съхранение/After 9 months of storage												
Асеновградска каба 5/ Asenovgradska kaba 5	ns	ns	14.09	8.71	b	b	11.22	6.34	ns	b	27.39	13.39
Испански 482/ Ispanski 482	ns	ns	23.97	12.35	b	a	17.73	9.69	ns	ab	23.32	20.04
Конкурент бял/ Konkurent biyal	ns	ns	21.81	20.20	a	a	15.02	18.44	ns	a	17.63	17.16

R – редуцирано напояване/reduced irrigation, O – оптимално напояване/optimal irrigation; a,b...Duncan,s multiple range test (P<0.05)

Таблица 3. Множествен дисперсионен анализ по Duncan и вариационен коефициент на съдържание на захари в луковиците, отгледани при два режима на напояване

Table 3. Duncan's multiple range test and coefficient of variation of sugar contents in bulbs, grown under two irrigation regimes

Сорт/ Variety	Монозахариди/ Monosaccharides				Дизахариди/ Disaccharides				Общи захари/ Total sugars			
	DMRT		CV(%)		DMRT		CV(%)		DMRT		CV(%)	
	R	O	R	O	R	O	R	O	R	O	R	O
След реколтиране/After harvesting												
Асеновградска каба 5/ Asenovgradska kaba 5	ab	ab	40.14	20.68	ab	b	37.54	48.32	ns	b	15.58	15.19
Испански 482 /Ispanski 482	a	a	30.51	27.24	b	c	84.53	97.30	ns	b	32.66	16.64
Конкурент бял/ Konkurent biyal	b	b	23.14	42.27	a	a	25.85	35.89	ns	a	15.49	12.13
След 3-месечно съхранение/After 3 months of storage												
Асеновградска каба 5/ Asenovgradska kaba 5	ns	a	18.83	16.27	ns	ns	47.77	41.02	ns	ns	20.63	20.64
Испански 482/ Ispanski 482	ns	ab	20.11	26.74	ns	ns	62.77	50.05	ns	ns	27.17	18.01
Конкурент бял/ Konkurent biyal	ns	b	29.36	24.07	ns	ns	82.64	55.32	ns	ns	33.28	27.82
След 6-месечно съхранение/After 6 months of storage												
Асеновградска каба 5/ Asenovgradska kaba 5	b	ns	8.04	15.00	b	ns	33.30	55.14	b	b	12.89	4.77
Испански 482/ Ispanski 482	a	ns	10.41	6.70	a	ns	22.76	27.63	a	ab	8.71	11.49
Конкурент бял/ Konkurent biyal	c	ns	15.39	16.37	a	ns	30.85	40.96	a	a	14.22	4.41
След 9-месечно съхранение/After 9 months of storage												
Асеновградска каба 5/ Asenovgradska kaba 5	ab	b	19.20	16.23	b	ns	34.75	35.63	b	ns	21.23	15.74
Испански 482/ Ispanski 482	a	a	12.16	9.18	b	ns	59.60	18.03	b	ns	24.78	10.74
Конкурент бял/ Konkurent biyal	b	ab	18.15	11.19	a	ns	17.48	20.66	a	ns	9.75	12.69

R – редуцирано напояване/reduced irrigation, O – оптимално напояване/optimal irrigation; a,b...Duncan,s multiple range test (P<0.05)

но. Не се наблюдава еднопосочна и стабилна изява на влиянието на фактора напояване върху съдържанието на изследваните химични показатели в процеса на съхранение.

С малки изключения, силата на взаимодействие между двата фактора върху изследваните химични показатели е незначителна. Сравнително високите стойности на остатъчният фактор могат да се обяснят с влиянието на други фактори върху химичните компоненти в луковиците, като например пектин в клетъчната стена и др., които не са били предмет на това изследване.

ИЗВОДИ

Резултатите от проучването дават основание да се заключи, че изследваните химични компоненти варират както между сортовете, така и в зависимост от начина на отглеждане и от сроковете на съхранение. Доказано е доминиращото влияние на генотипа върху изследваните химични показатели. Поливният режим също влияе върху химичния състав на лука. Луковиците, отгледани чрез редуцирана напоителна норма, имат по-високи стойности на сухото вещество през целия период на съхранение, независимо от изследвания сорт лук. Установено е увеличение на съдържанието на целулоза в края на деветия месец от съхранението при всички сортотипове.

След реколтиране, статистически доказано е влиянието на режима на напояване, макар и с по-ниски стойности от този на генотипа. Не се наблюдава еднопосочна и стабилна изява на влиянието на фактора напояване върху съдържанието на изследваните химични показатели в процеса на съхранение.

Конфликт на интереси: Авторите декларират, че няма наличие на конфликт на интереси

Благодарност

Изследването е финансирано от Фонд „Научни изследвания“ по проект КП-06-Н46/5 от ноември 2020 г.

ЛИТЕРАТУРА

Agrostatistics. (2023). Ministry of Agriculture, Forestry and Food. https://www.agrostat.bg/ISASPublic/Crops.

Bachvarov, S., Petkov, M., Todorov, J., Ivanov, L., & Kostov, D. (1990). Lukovi, Zemizdat, Sofia.

Deniz, İ. G., Genç, İ., & Sarı, D. (2015) Morphological and molecular data reveal a new species of Allium (Amaryllidaceae) from SWAnatolia, Turkey. Phytotaxa 212, 283–292, https://doi.org/10.11646/phytotaxa.212.4.4.

Dirirsa, G., Woldemichael, A., & Hordof, T. (2017). Effect of Deficit Irrigation at different growth stages on onion (Allium Cepa L.) production and water productivity at Melkassa, Central Rift Valley of Ethiopia. *Academic. Research. Journnals. Agricultural . Science. Research*. 5(5), 358-365.

FAO (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Faostat. http://faostat.fao.org.

Fritsch, M., & Friesen, N. (2002). Evolution, domestication and taxonomy. In Allium Crop Science: Recent Advances; Rabinowitch, H.D., Currah, L., Eds.; CAB International: Wallingford, UK, pp. 5–30.

Genadiev, A., Kalcheva, D., Nenchev, N., Tevekeliev, N., & Chavdarova, N. (1969). Analysis of food products, Technika, Sofia, 695 p.

Heredia, S., Juárez, O., Hernández, Á., Vega, R., Ramírez, J., López, A., Ortiz, R., Mendoza, D., García, R., Miranda, R., & Sánchez, C. (2023). Effects of Different irrigation regimes and nitrogen fertilization on the physicochemical and bioactive characteristics of onion (*Allium cepa* L.). *Horticulturae*, 9, 344. https://doi.org/10.3390/horticulturae9030344.

Ikkonen, E., Chazhengina, S., Butilkina, M., & Sidorova, V. (2021). Physiological response of onion (*Allium cepa* L.) seedlings to shungite application under two soil water regimes. *Acta Physiol Plant* 43, 76 https://doi.org/10.1007/s11738-021-03239-9.

Kingsley, Ochar., & Seong-Hoon, Kim. (2023). Conservation and global distribution of onion (*Allium cepa* L.) germplasm for agricultural sustainability. *Plants*. 12, 3294. https://doi.org/10.3390/plants12183294 19 of 19.

Lee, J. H., Robin, A. H. K., Natarajan, S., Jung, H. J., & Nou, I. S. (2018). Varietal identification of open-pollinated onion cultivars using a nanofluidic array of single nucleotide polymorphism (SNP) markers. *Agronomy*, *8*(9), 179.

Ortolá, M., & Knox, J. (2015). Water relations and irrigation requirements of onion (*Allium cepa L.*): a review of yield and quality impacts. *Experimental Agriculture*, 51, (2), 210 - 231 DOI: https://doi.org/10.1017/S0014479714000234.

Sansan, O. C., Ezin, V., Ayenan, M. A. T., Chabi, I. B., Adoukonou-Sagbadja, H., Saïdou, A., & Ahanchede,

A. (2024). Onion (*Allium cepa* L.) and drought: current situation and perspectives. *Scientifica*, *2024*(1), 6853932.

Teshaboev, I. (2024). The importance of improving onion cultivation in global agriculture. *Current approaches and new research in modrn sciences, 3(13), 23-26, from* https://inlibrary.uz/index.php/canrms/article/view/53740.

Tolossa, T. (2021). Onion yield response to irrigation level during low and high sensitive growth stages and bulb quality under semi- arid climate conditions of Western Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, *7* (1). https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1859665.

Vidyavani, M., Osman, P., & Riazunnisa, K. (2019). Evaluation of biochemical responses of onion (*Allium cepa* L.) seedlings under drought stress. *International Journal of Recent Scientifc Research*, 10, (04), 31924–31927.

Wakchaure, G., Minhas, P., Meena, K., Singh, N., Hegade, P., & Sorty, A. (2018). Growth, bulb yield, water productivity and quality of onion (*Allium cepa* L.) as affected by deficit irrigation regimes and exogenous application of plant bio–regulators. *Agricultural Water Management* 199 1–10. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.11.026.

Wakchaure, G., Minhas, P., Kumar, S., Khapte, P., Meena, K., Rane, J., & Pathak, H. (2021). Quantification of water stress impacts on canopy traits, yield, quality and water productivity of onion (*Allium cepa L.*) cultivars in a shallow basaltic soil of water scarce zone. *Agricultural Water Management* 249 106824 14p.

Yersaw B., & Lohani, T. (2022) Executing legitimate irrigation scheduling by deficit irrigation mechanism to maximize onion production. *Cogent Food & Agriculture,* 8 (1) 2123758. https://doi.org/10.1080/23311932.2022.2123758.

Received: October, 01, 2025; *Approved:* November, 28, 2025; *Published:* December, 2025