



## GƏNCƏ VƏ KÜRDƏMİR ƏRAZISINDƏ YETİŞDİRİLƏN SOYA BİTKİSİNİN SİMBİOTİK SİSTEMİNİN VƏ AZOT METABOLİZMİNİN FORMALAŞMASINA RİZOTORFİN VƏ KALİUM HUMMATIN TƏSİRİ

Rəhimova Samirə Natiq<sup>1</sup>, Qədimov Ələddin Həsən<sup>2</sup>, İsmayılova Sürəyya İsmixan<sup>3</sup>,  
Ələskərova Fidan Eldar<sup>4</sup>

### XÜLASƏ

**Tədqiqatın məqsədi-** Respublikamızın torpaq-iqlim şəraitinə görə fərqlənən Gəncə və Kürdəmir rayonunun ərazisində yetişdirilən soya bitkisinin simbiotik sisteminin formalaşmasına və azot metabolizminə rizotorfin və kalium hummatın ayrı-ayrılıqda və kompleks təsiri tədqiq edilmişdir.

**Tədqiqatın metodologiyası-** Təcrübə materialı kimi soya bitkisinin (*Glicine hispida* L.) “Bravo” sortundan istifadə edilmişdir. Bitkinin toxumları *Bradyrhizibium japonicum* (ştam 634) kökyumrusu bakteriyasının əsasında hazırlanan rizotorfinlə yoluxdurulmuş və kalium hummat biopreparatı ilə işlənmişdir. Fenoloji müşahidələr Kupermana görə aparılaraq bitkinin inkişafının müxtəlif fazalarında analizlər üçün nümunələr götürülmüşdür. Simbiotik sistemin formalaşması və aktiv simbiotik potensial Posıpanova görə, ümumi, zülal və qeyri zülal azotun miqdarı kəldal üsulu ilə təyin edilib.

**Tədqiqatın tədbiqi əhəmiyyəti-** Tədqiqatdan alınan nəticələr respublikamızın qeyri əlverişli torpaq-iqlim şəraitlərində dənli-paxlalı bitkilərin yetişdirilərək ekoloji cəhətdən təmiz, keyfiyyətli və yüksək məhsuldarlığın alınması məqsədi ilə istifadə oluna bilər.

**Tədqiqatın nəticələri-** Bəcərdiyi mühütdən asılı olmayaraq soya bitkisinin toxumlarının səpin öncəsi rizobium bakteriyaları ilə yoluxdurulması və k-hummat preparatı ilə işlənməsi bitkinin simbiotik aktivliyinə müsbət təsir göstərir. İki faktorun birgə təsiri nəticəsində müxtəlif ekoloji şəraitlərdə yetişdirilən soya bitkisinin kökyumrularının sayında, kütləsində və simbiotik aparatının formalaşmasında yüksək artım qeyd edilir. Soyanın orqanlarında ümumi azotun miqdarının artması əsasən kalium hummatın iştirakı ilə simbiotik azotfiksasiyanın fəaliyyəti hesabına olur.

**Tədqiqatın elmi yenilikləri-** Qeyri əlverişli torpaq-iqlim şəraitində rizotorfinlə işlənmiş soyanın toxumlarında ümumi azotun miqdarının artması fonunda zülal azotunun qatılığının yüksəlməsinə K-hummatın müsbət təsiri bitkinin stress şəraitlərə müdafiə-uyğunlaşma reaksiyasının artması ilə nəticələnir.

**Açaq sözləri:** Soya, rizotorfin, kalium hummat, simbiotik sistem, simbiotik potensial, azot metabolizmi

### Giriş

Respublikamızın inkişafı üçün fəaliyyət strategiyasında digər sahələrlə yanaşı kənd təsərrüfatı istehsalının dinamik inkişafı, ekoloji cəhətdən təmiz məhsul istehsalının genişləndirilməsi, ölkəmizin ərzaq təhlükəsizliyinin davamlı təminatı və aqrar sektorun eksport potensialının artırılması prioritet məsələlərdəndir. Ona görə də, kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsuldarlığının artırılması üçün ətraf mühitin qeyri əlverişli təsirlərinin aradan qaldırılması məqsədi ilə müasir və intensiv üsullardan istifadə aktualdır.

Torpağın münbitliyinin bərpası ilə bağlı məsələlərin aktuallığı, dəyişən iqlim şəraitində torpağa, atmosfərə və aqrosenoza antropogen təzyiğin arması və enerji resurslarının qıtlığı fonunda daimi artır. Bu mənada paxlalı bitkilərdən, o cümlədən, soya bitkisindən istifadə böyük əhəmiyyət kəsb edir.

<sup>1</sup>Əsas müəllif/Corresponding author: Rəhimova Samirə Natiq, baş müəllim, biologiya kafedrası, ADAU, [memmedzadegur03@gmail.com](mailto:memmedzadegur03@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0004-7246-985X>

<sup>2</sup>Qədimov Ələddin Həsən, AR ETN Botanika İnstitutu, [agadimov@mail.ru](mailto:agadimov@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0009-7653-1637>

<sup>3</sup>İsmayılova Sürəyya İsmixan, Biologiya kafedrası, assistent, ADAU, [Suraye.ismayilova@mail.ru](mailto:Suraye.ismayilova@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-1000-1931>,

<sup>4</sup>Ələskərova Fidan Eldar, AR ETN Botanika İnstitutu, [fidan.aleskerova.87@gmail.com](mailto:fidan.aleskerova.87@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0000-2559-0009>



Soya bitkisi rizobium bakteriyaları ilə simbiozda bioloji azotfiksasiyanın hesabına torpağı azotun bitkilər tərəfindən mənimsənilə bilən formaları ilə zənginləşdirərək münbitləşdirirlər, həm də, təbii ekosistemlərin tarazılığının qorunmasında iştirak edirlər (Баймиев, 2011).

Son illər paxlalı-rizobium simbiozunun effektivliyinin artırılması və fərqli torpaq-iqlim şəraitlərində paxlalı bitkilərin məhsuldarlığının artırılmasında biopreparatlardan geniş istifadə edilir (Волобуева, 2020).

Qeyd etmək istərdik ki, son illərin əkinçilik strategiyası kənd təsərrüfatı məhsullarının istehsalının artırılması üçün kimyəvi maddələrdən istifadənin artırılmasına əsaslandığından nəin ki, ölkəmizdə dünyanın bütün ölkələrində aqroekosistem üçün təhlükə yaradır. Nəticədə torpağın pestisitlərlə, ağır metallarla, radionukleotidlərlə və s. çirkləndiklərindən fitosanitar mühitin kəskin pisləşməsi baş verir. Torpaqda humusun miqdarı azalır. Ona görə də, müasir şəraitdə aqroregionlarda ekoloji mühiti yaşılaşdırmaq, torpağı, suyu və kənd təsərrüfatı bitkilərinin pestisitlərin qalıqları ilə çirklənməsinin qarşısını almaq üçün məqsədli şəkildə ekoloji cəhətdən təmiz alternativ bioloji üsullar aktualıq qazanır (Безуглова, 2000; Yang, 2021).

Bioloji preparatlar spesifik xüsusiyyətlərə malik olub ucuz başa gəlirlər ətraf mühitin fauna və florasına, insanlara mənfi təsir göstərmirlər, məhsulu zədələmirlər, təbii mühitdə çox tez və asanlıqla parçalanırlar. Bu preparatlar kimyəvi vastələrə alternativ olsalarda onları tam əvəzləyə bilmirlər, onlardan istifadə ətraf mühitə olan ekoloji təzyiği azaldır və istifadə edildikləri arealda həşəratların və digər zərərvericilərin rezistentliyini zəiflədir (Kaligiannidis, 2022).

Ətraf mühitin dəyişən stress şəraitlərində bitkilərin məhsuldarlığının artırılmasında kalium hummat və rizotorfinin roluna aid tədqiqat işlərinin nəticəsi bir çox dünya alimlərinin işlərində öz əksini tapmışdır (Da Siva, 2021; Canellas, 2023; Gadimov, 2024). Kalium hummat digər üzvi birləşmələr kimi bitkinin kök sistemi və yerüstü hissəsi tərəfindən çox effektiv mənimsənilir. Hummatdan istifadə daha yaxşı kök sisteminin inkişafını stimullaşdırır, bitkilərin effektiv qidalanmasını, biokimyəvi proseslərin aktivləşməsini və kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsuldarlığının artmasını təmin edir (Ampong, 2022). KH-ın quraqlıq (Alhardi, 2022) və şoranlıq (Canavar, 2023) kimi stres şəraitlərə bitkilərin adaptasiyasını artırmaq qabiliyyəti özünü məhsuldarlığın yüksəlməsində göstərir. Yəni bu preparat bütün üzvü kübrələr kimi torpağın məhsuldarlığının istehsalçısı kimi xidmət edir.

Müxtəlif stress şəraitlərində dənli paxlalı bitkilərin morfofizioloji və biokimyəvi göstəricilərinə, həmçinin də, məhsuldarlığına kalium hummatın və rizotorfinin ayrı-ayrılıqda təsirlərinə aid çoxlu tədqiqat işlərinin olmasına baxmayaraq (Olaetxea, 2020; Alhardi, 2022; El-Beltagi, 2023; Gadimov, 2024), respublikamızın torpaq-iqlim şəraitinə görə fərlənən Gəncə və Kürdəmir ərazilərində yetişdirilən soya bitkisinin simbiotik sisteminin formalaşmasına və azot metabolizminə bu preparatların kompleks təsiri öyrənilməmişdir.

**Material və metod.** Təcrübə materialı kimi AR Əkinçilik Elmi-Tədqiqat İnstitutundan alınmış soya bitkisinin (*Glicine hispida* L.) “Bravo” sortundan istifadə edilib. Tədqiqatlar Gəncə şəhəri ADAU təcrübə sahəsində və AR ETN Botanika İnstitutunun Kürdəmir rayonunun Karrar kəndində yerləşən təcrübə dayaq məntəqəsində aparılıb.

Tarla təcrübəsi 2025-ci ildə hər iki ərazidə də, eyni vaxda 20 aprel tarixində qoyulub. Təcrübələr təsadüfi (randemizə) seçimlə hər variantın sahəsi 16 m<sup>2</sup> olmaqla 3 təkrarla qoyulub. Həm Gəncədə, həm də, Kürdəmirdə toxumların bir hissəsi kalium hummatla işlənib: 1) Gəncə Nəzarət (GN); Gəncə kalium hummat (GKH); Kürdəmir Nəzarət (KN); Kürdəmir kalium hummat (KKH). Təcrübə variantının toxumları 2 saat müdətində kalium hummatla isladılıb qurudulduqdan sonra səpindən öncə rizotorfin preparatı ilə işləniblər. Hər iki əkin



ərazisinin torpaqlarının aqrokimyəvi göstəriciləri təyin edilib. Müəyyən edilmişdir ki, fərqli aqrokimyəvi göstəricilərə malikdirlər və Gəncə şəhəri təcrübə sahəsinin torpaqları əsas qida elementlərinin miqdarına görə daha zəngindir.

Metrioloji göstəricilərdə fərqlidir. Gəncədə havanın orta aylıq temperaturu tədqiqat illərində, aprel ayında 15,5<sup>0</sup>C, mayda 18 <sup>0</sup>C, iyunda 24,5<sup>0</sup>C, iyulda 27<sup>0</sup>C, avqustda 28 <sup>0</sup>C, Kürdəmirdə isə aylar üzrə uyğun olaraq 17,5; 20,0; 27,5; 30,0; 30,5 <sup>0</sup>C olmuşdur. Yağıntılardan miqdarı isə tədqiqat illərində Gəncədə aprel-iyun aylarında 51,73-128,6 mm, iyul-sentyabr aylarında isə 21,23-44,69 arasında, Kürdəmirdə isə aprel-iyun aylarında 38,87-56,35 mm, iyul-sentyabr aylarında isə 13,13-35,9 arasında olmuşdur ([www.worldweatheronline.com](http://www.worldweatheronline.com)).

Ontogenez boyu bitkilərin boy və inkişafının fenoloji müşahidələri aparılmış və budaqlanma, çiçəkləmə, paxlanın əmələ gəlməsi və tam yetişmə fazalarında təcrübələr üçün nümunələr götürülmüşdür (Kuperman, 1984).

**Aktiv simbiotik potensial (ASP).** Soya bitkisinin kökyumrularının aktivliyi tərkibində leqqemoqlobilinin olması ilə təstiqlənir. Leqqemoqlobin kökyumrularına çəhrayı və qırmızı rəng verir. Boz və yaşıl kökyumruları simbiotik cəhətdən aktiv olurlar, yəni tərkiblərində leqqemoqlobin olmur. Aktiv simbiotik potensialı təyin etmək üçün çəhrayı və qırmızı rəngli kökyumruları seçilərək tərzidə çəkilir.

Bitkinin ASP aşağıdakı formulaya görə hesablanmışdır.

$$t (M_1 + M_2)/2$$

t- iki analiz arasındakı vaxt (günlər)

(M<sub>1</sub> + M<sub>2</sub>)/2 –çəhrayı kökyumrularının orta kütləsi (ASP üçün)

Budaqlanma-paxlaların əmələ gəlməsi dövrünün ASP-si ayrı-ayrı dövrlərin ASP-lərinin cəminə əsasən aparılıb (Posypanov, 1991).

İnkişafının müxtəlif fazalarında ümumi azotun miqdarı və dənələrində zülalın miqdarı kəldal üsulu ilə təyin edilmişdir [Hacımmədov, 2016].

**Simbiotik aparatın inkişafı.** Paxlalı bitkilərin kökyumrusu bakteriyaları ilə simbiozuna və azotfiksasiya aktivliyinə təsir edən mühüm faktorlardan biri də, torpaq-iqlim şəraitidir, xüsusilə torpağın nəmliyi. Belə ki, kökyumrusu bakteriyaları quraqlıq yerlərdə çox zəif çoxalırlar. Vegetasiyanın əvvəlləri kökyumrusu bakteriyalarının çoxalması və hərəkəti zamanı qeyri sabit torpaq-iqlim şəraiti kökyumrularının əmələ gəlməsini yubadaraq azotfiksasiyanın intensivliyini zəiflədir (Cerezini, 2014; Rodrigo, 2017; Li, 2020).

Ona görə də, tədqiqatlarımızda müxtəlif ekoloji şəraitlərdə yetişdirilən soya bitkisinin rizobium bakteriyaları ilə simbiozunun nəticəsində əmələ gələn kökyumrusu bakteriyalarının miqdarına və simbiotik potensialına k-hummatın təsiri öyrənilib (Cədvəl 1).

**Cədvəl 1. Rizotorfinlə yoluxdurulmuş soya bitkisinin kökyumrularının sayına (kök/yum) və yaş kütləsinə Kalium hummatın (K-Hummat) təsiri**

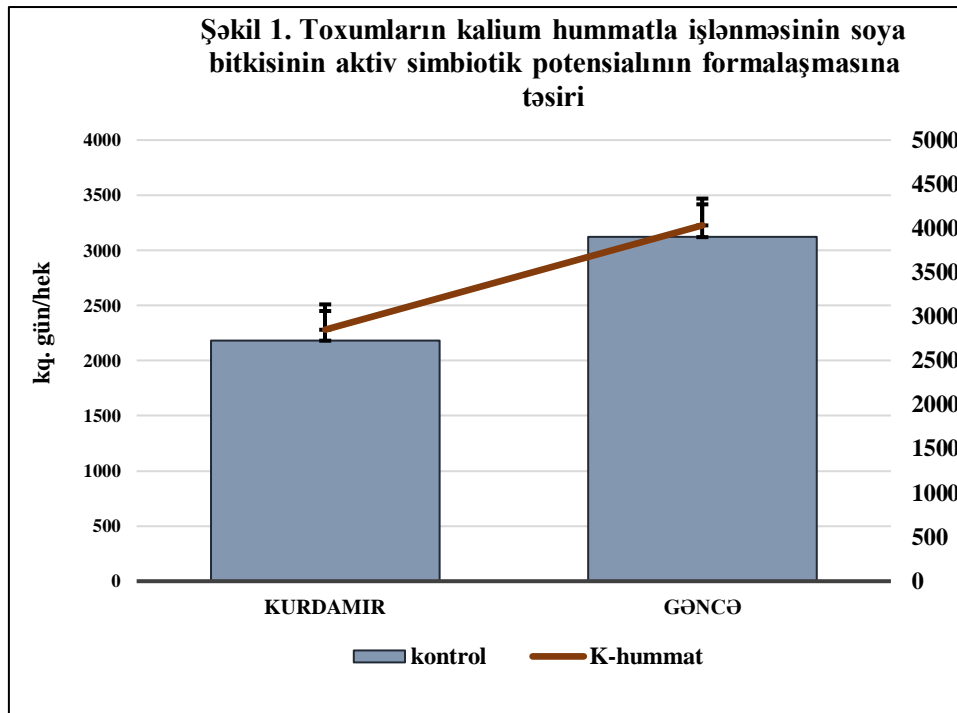
Region	Variantlar	Budaqlanma		Çiçəklənmə		Paxlanın əmələ gəlməsi	
		kök/yum. sayı (ədəd/m <sup>2</sup> )	Yaş kütlə (q/m <sup>2</sup> )	kök/yum. sayı (ədəd/m <sup>2</sup> )	Yaş kütlə (q/m <sup>2</sup> )	kök/yum. sayı (ədəd/m <sup>2</sup> )	Yaş kütlə (q/m <sup>2</sup> )
Gəncə	Kontrol	1767	5.51	1771	11.8	2105	19.51
	K-hummat	1741	8.1	1852	16.7	2338	23.2



<b>Kürdəmir</b>	Kontrol	1826	7.83	2121	16.6	2246	20.8
	K-hummat	2094	8.7	2984	19.8	3476	26.5

Təcrübələr göstərdi ki, vegetasiyanın əvvəlindən başlayaraq paxla əmələ gələnə kimi bütün inkişaf fazalarında Gəncədə yetişdirilən bitkilərdə köyumrularının yaş kütləsi Kürdəmirə nisbətən daha yüksək oldu. Bu uyğunluq özünü kökyumrularının sayında da göstərdi (Cədvəl 1).

Müxtəlif təbii ekoloji şəraitlərdə yetişdirilən soya bitkisinin kökyumrularının simbiotik potensialına kalium hummatın təsiri şəkil 1-də verilib. Göründüyü kimi köklərdə əmələ gələn kökyumrularının simbiotik potensialı nəzərəsarpacaq dərəcədə yetişdiyi mühitin ekoloji şəraitindən asılı olur. Toxumların əkin qabağı rizobium bakteriyaları ilə yoluxdurulması və k-hummat preparatı ilə işlənməsi hava şəraitindən asılı olaraq simbiotik aparatın formalaşmasına fərqli təsir göstərir. Bu mənada Gəncə şəhərinin ərazisində yetişdirilən soya bitkisinin köklərində əmələ gələn leqqemoqlobinli kökyumrularının sayının, ölçüsü və kütləsinin daha çox olduğunu görürük (Şəkil 1).



Kök yumrularının sayının və çəkisinin çox olması heç də, aktiv simbiotik sistemin formalaşmasına dəlalət etmir. Paxlalı bitkilərin aktiv simbiotik potensialı onların köklərində əmələ gələn leqqemoqlobinli kökyumrularının sayından asılıdır. Leqqemoqlobin kökyumrularına çəhrayı və ya qırmızı rəng verir. Bu pıqment köyümrlarının energetik mərkəzlərini oksigenlə təmin etməklə yanaşı onları oksigenin yüksək qatılıqlarından qoruyaraq atmosfer azotunun fiksasiyası üçün enerji ayrılmasına səbəb olur (Topunov, 1996). Şəffaf kökyumruları atmosfer azotunu fiksasiya etmirlər.



Paxlalı bitkilərin rizobium bakteriaları ilə effektiv simbioz əmələ gətirməsi və azotfiksasiya aktivliyi bir sıra faktorlardan asılıdır. Buraya torpaq-iqlim şəraiti, bitkinin xüsusiyyətləri, aqrotexniki qaydalar və s. daxildir (Evans, 1989; Posypanov, 1991).

Paxlalı bitkilərin aktiv simbiotik potensialı inkişaf fazalarının müəyyən müddətində kökyumrularının kütləsinin nisbi sabitliyinə və paxlalı-rizobium simbiotik sisteminin aktivliyinin leqqemoqlobinli kökyumrularının kütləsindən asılılığına əsaslanır. Soyanın inkişafının budaqlanma fazası ilə paxlaların əmələ gəlməsi fazası müddətində kökyumrularının aktiv formalaşması məlumdur. Bizdə bu müddətdə aktiv simbiotik potensialı təyin etdik. Yağıntılardan miqdarı nisbətən yüksək olan Gəncə şəhərində k-hummatla işlənmiş bitkilərin kökyumrularının aktiv simbiotik potensialının daha yüksək olduğu müşahidə edildi (Şəkil 1).

Gəncədə yetişdirilən bitkilərin aktiv simbiotik potensialı kontrol variantında Kürdəmirin bitkilərinin kontrol variantından 939 kq gün/hek. üstün oldu. K-hummat variantında isə bu artım 1183 kq.gün/hek. bərabər oldu.

Yağıntılardan miqdarının elə də yüksək olmayan və Gəncəyə nisbətən yüksək temperatura malik Kürdəmir rayonunda soya bitkisinin toxumlarının k-hummat preparatı ilə işlənməsi aktiv simbiotik potensialın formalaşmasına faiz nisbətində azda olsa Gəncəyə nisbətən daha yaxşı təsir göstərdi. Budaqlanma paxla əmələ gəlmə dövründə kontrol bitkilərinə nisbətən k-hummatın təsirindən aktiv simbiotik potensial Kürdəmirdə 30,08%, Gəncə variantında isə 29,25% artdı.

**Azot mübadiləsi.** Torpaqda birləşmiş azotun toplanması suvarmanın, yağıntılardan, kübrələmənin, simbiotik və assosiativ azotfiksasiyanın hesabına əmələ gəlir. Bunların içərisində simbiotik azotfiksasiya həm ekoloji, həm də, iqtisadi yanaşmada ən səmərəli və effektiv sayılır (Sinclair, 2012).

Ətraf mühitin qeyri əlverişli şəraiti (temperatur, quraqlıq, duzluluq, radiasiya və s.) bitkilər tərəfindən birləşmiş və sərbəst azotu assimilyasiyasını zəiflədir. Bu səbəbdən də, bitkilərin azotu mənimsəmə qabiliyyətinə ətraf mühitin mənfi təsirlərini azalda bilən faktorların öyrənilməsi həmişə aktual olaraq qalır. Belə şəraitlərdə bitkilərin davamlılığını artırmaq və azot metabolizmini yaxşılaşdırılması məqsədilə son zamanlar, ekoloji və iqtisadi cəhətdən daha təhlükəsiz olan bitki mənşəli fitohormonlardan (Zhang, 2023), digər fizioloji aktiv maddələrdən, mikroorqanizmlərdən (Bakteriya və mikromisetlər) və onların prosudentlərindən istifadəyə geniş yer verilir (Nassar, 2021).

Ona görə də, ətraf mühitin müxtəlif stress şəraitlərində paxlalı bitkilərin inkişafını yaxşılaşdırmaq və azot metabolizminin səmərəliliyini artırmaqla məhsuldarlığın yüksəlməsini təmin etmək üçün bioloji preparatlar olan rizotorfin və k-hummatdan istifadə maraqlıdır.

Soya bitkisi inkişafının ilkin mərhələlərində quru maddəni və azotu nisbətən zəif, meyvə əmələ gəlmə fazasında isə yüksək intensivliklə toplayır (Hangway, 1971; Гадимов 2010).

Cədvəl 1 -də Kürdəmir və Gəncənin ərazisində ətraf mühitin torpaq-iqlim şəraitinin soya bitkisinin azot mübadiləsinə təsirini öyrənmək üçün azotun müxtəlif formalarının (ümumi, qeyri-zülal və zülal) paylanması (mq/bitki) alınan nəticələr öz əksini tapmışdır.



**Cədvəl 1 . Rizotorfinlə yoluxdurulmuş və kalium hummatla işlənmiş soya bitkisinin ümumi, qeyri zülal və zülal azotunun toplanması (mq/bit.)**

Variantlar	Azotun Formaları	Kürdəmir			Gəncə		
		Kontrol	K-hummat	% Kont	Kontrol	K-hummat	% Kont
İnkişaf fazaları	Ümumi	12.6	14.35	114	12.1	14.23	118
	Q/Zülal	6.2	7.4	119	6.4	8.1	127
	Zülal	6.4	6.95	109	5.7	6.13	108
Budaqlanma	Ümumi	139.6	148.36	106	137.8	147.0	107
	Q/Zülal	25.4	21.7	85	28.6	23.8	83
	Zülal	114.2	126.7	111	109.2	123.2	113
Çiçəkləmə	Ümumi	251.2	262.12	104	249.5	263.7	106
	Q/Zülal	48.4	40.8	84	49.7	44.4	89
	Zülal	202.8	221.32	109	199.8	219.3	110
Paxla əmələ gəlmənin başlanğıcı	Ümumi	573.8	586.06	102	569.9	584.4	103
	Q/Zülal	68.5	54.2	79	60.5	58.7	97
	Zülal	505.3	531.9	105	509.4	525.7	103

Cədvəl 1-dən görüldüyü kimi vegetasiyanın budaqlama mərhələsinə qədər k- hummat bitkidə azot mübadiləsinə müsbət təsir göstərsə də, digər mərhələlərə nisbətən azot zəif toplanır və bu göstəricilər hər iki regionunda (Kürdəmir və Gəncə) bütün variantlarda təxminən eyni olur. Bu mərhələdə k-hummatın təsirində qeyri-zülal azotunun hər iki regionda da artması (19% və 27%) müşahidə olunur.

Bitkidə azotlu birləşmələrin mənimsənilməsi və paylanması onun boyatma və inkişafının vacib proseslərindən biri hesab olunur. Məlumdur ki, zülal azotunun miqdarı hüceyrədə zülal sintezində azotun biosintetik aktivliyinin göstəricisidir. Bu da öz növbəsində əlverişli olmayan şəraitdə azotun mübadilə prosesində aktiv müdafiə mexanizmlərinin işə düşməsinə göstərir. Budaqlanma mərhələsində zülal azotunun miqdarı analizi göstərir ki, hər iki region bitkilərində kontrollu müqayisədə təqribən eyni səviyyədə (9% və 8%) artmışdır.

Çiçəkləmə fazasında ümumi azotun toplanmasında nəzərəcarpacaq artım müşahidə olunur. Hər iki bölgədə də, k -hummat preparatının təsirindən ümumi azot kontrol variantına nisbətən təxminən eyni miqdarda çox toplanır (6,27 və 6,67%). Çiçəkləmə mərhələsində ümumi azotun artmasına baxmayaraq, hər iki region bitkilərində qeyri-zülal azotunun azalması (15% və uyğun olaraq 17%), zülal azotunun isə artması (11% və 13%) müşahidə olunur. Bu tendensiya meyvə əmələ gəlmənin əvvəlinə kimi davam edir.

Ümumi azotun toplanmasının intensivliyi paxla əmələ gəlmə fazasında daha da yüksəlir və çiçəkləmə fazasına nisbətən Kürdəmir variantında kontrol bitkilərində ümumi azotun miqdarı 79,94%, k- hummatın təsirindən isə kontrola nisbətən 87,82% çox olur. Gəncə variantında da eyni hal müşahidə edilir, kontrol variantının bitkilərində bu artım uyğun olaraq 81,06%, kalium hummatın təsirindən isə 91,36% olur. Görüldüyü kimi Gəncədə yetişdirilən bitkilərdə ümumi azotun toplanmasındakı artım Kürdəmir variantına nisbətən təxminən 1-2% artıqdır.



Xalis toxumların analizi nəticəsində məlum olmuşdur ki, Kürdəmir və Gəncə variantı bitkilərində k-hummatın təsirindən qeyri-zülal azotunun azalması (21% və 3%), nəticəsində zülal azotunun miqdarı artmışdır (5% və 3%) .

Çiçəkləmə fazasından başlayaraq soya bitkisinə rizobium kökyumrusu bakteriyaları və k-hummatın iştirakı ilə ümumi azotun toplanmasının intensivliyinin artmasını simbiotik sistemin tam formalaşması ilə izah etmək olar. Simbiotik sistemin formalaşması və aktiv simpiotik potensiala aid nəticələr bu fikrimizi təstiqləyir (Cədvəl 1 və Şəkil 1). Çiçəkləmə fazasından başlayaraq paxlalama fazasına qədər azotfiksəedici kökyumrularının sayında, kütləsində və rəngindəki (qəhvəyi rəng) göstəricilərdə yüksək artım müşahidə edilir.

Beləliklə, alınan nəticələr əsasında müəyyən edilmişdir ki, yetişdirildiyi mühütdən asılı olmayaraq soya bitkisinin toxumlarının səpin öncəsi rizobium bakteriyaları ilə yoluxdurulması və k-hummat preparatı ilə işlənməsi bitkinin simbiotik aktivliyinə müsbət təsir göstərir. İki faktorun birgə təsiri nəticəsində müxtəlif ekoloji şəraitlərdə yetişdirilən soya bitkisinin kökyumrularının sayında, kütləsində və simbiotik aparatının formalaşmasında yüksək artım qeyd edilir.

Burdan belə nəticə çıxarmaq olar ki, bu fazalarda ümumi azotun miqdarındakı artım əsasən k-hummatla yanaşı simbiotik yolla mənimsənilən azotun hesabına olur.

Ontogenezin son mərhələsində toxumlarda azotun Kürdəmir təcrübə variantı bitkilərində yüksək göstəricisi, artıq bu fazada bitkilərdə müdafiə uyğunlaşma mexanizmlərinin işə düşməsinə, aktiv funksional zülalların (stress-zülalların) sintezinin, bitkilərin stress faktorlarına qarşı dayanıqlı adaptasiya yaratmasının nəticəsi kimi başa düşmək olar.

Yəni, qeyri əlverişli torpaq-iqlim şəraitində soyanın toxumlarında ümumi azotun artması fonunda zülal azotunun qatılığının yüksəlməsinə kalium hummatın müsbət təsiri bitkinin stress şəraitlərə müdafiə-uyğunlaşma reaksiyasının artması ilə nəticələnir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Hacıməmədov İ.M., Talai S.M., Kosayev E.M. (2016). Torpağın, bitkilərin və gübrələrin aqrokimyəvi analizi üsulları. Bakı. Müəllif nəşriyyatı, 131 s.
2. Ampong K., Thilakaranthna MS., Gorim LY. (2022) Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health. Front Agron. 4:848621. doi.10.3389/fagro.2022.848621
3. Alhardi K., Rashwan E., Hafes E. and et al. (2022) Potassium Humate and plant growth-promoting microbes jointly mitigate water deficit stress in soybean cultivated in salt-affected soil. Plant (Basel). Nov 8-11(22),3016. Doi:10.3390/plants11223016
4. Canellas, L.P., Silva R.M., Barbosa L.J.d.S., et al. (2023). Co-Inoculation with *Bradyrhizobium* and Humic Substances Combined with Herbstances *Seropedicae* Promotes Soybean vegetative growth and nodulation. Agronomy, 13, 2660. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102660>
5. Canavar O., Goren H.K., Kucuk Kaya S., Oncan Sumer F. (2023) Effect of potassium Humate on Soybean Germination Traits Under Salinity Stress Conditions. Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology, 11(10). 1889-1891, 2023 DOI: <https://org/10.24925/turjaf.v11i10.1889-1891.6223>
6. Cerezini P., Pipolo A., Hungria M. and Noguera M. (2014) Gas exchanges and biological nitrogen fixation in soybean under water restriction. American Journal of Plant Sciences, 5, 4011-4017. doi:10.4236/ajps.2014.526419



7. Da Silva M.S.R. d., De Melo Silveira dos Santos B., Hidalgo Chavez D.W., et al. (2021) K-humate as an agricultural alternative to increase nodulation of soybeans inoculated with Bradyrhizobium. *Biocatalysis Agricultural Biotechnology*. 36. 102129. DOI: 10.16/j.bcab.2021.102129
8. El-Beltagi H.S., Al-Otaibi H.H., Pamar A., et al. (2023). Application of potassium humate and salicylic acid to mitigate salinity stress of common bean. *Life* 2023,13,449. <https://doi.org/3390/life13020448>
9. Evans I., O'Connor G.E., Turnen G.L. et al. (1989). N<sub>2</sub>-fixation and its value to soil N increase in lupin, field pea and other legumes in south-eastern Australia. *Agricultural and food sciences, environmental science*. DOI:10.1071/AR9890791
10. Gadimov A.G., Ragimova S.N., Bakshaliyeva K.F., et al., (2024). Effect of Trichoderma and potassium humate on symbiotic characteristics of soybean. *Inter. Scientific Journal. Science and innovation*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13837901>
11. Hangway J.J., Weber C.R. (1971) Accumulation of N, P and K by soybean (*Glycine max* (L) Merrill) plants. *Agronomy Journal*, 63, p.406-408.
12. Kaligiannidis S., Kalfas D., Chatzitheodoridis., Papaevangelou O. (2022). Role of Crop-Protection Technologies in Sustainable Agricultural Productivity and management. *Land*. 11(10), 1680. <https://doi.org/10.3390/land11101680>
13. Kuperman F.M. (1984) Plant morphophysiology. Morphophysiological analysis of the stages of organogenesis of different life forms of angiosperm plants. № Ed.4, 240 pp.
14. Li R., Chen H., Yang Z. et al (2020). Research status of soybean symbiosis nitrogen fixation. *Oil Crop Science* Vol.5, Issue 1, p.6-10. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2020.03.005>
15. Nassar K.E.M., Hayam A. El-Shaboury, Amany E. El-Sonbaty (2021). Influence of some potassium hummate application methods and mineral fertilization of nitrogen and phosphorus on soybean yield and quality. *Menoufia J. Soil Sci.*, Vol. 6. Issue 4. P. 133-145. DOI:10.21608/MJSS.2021.175597
16. Olaetxea M., Mora V., Baigorri R., Zamarreno A. M., and Garcia-Mina J.M. (2020). The singular molecular conformation of humic acids in solution influences their ability to enhance root hydraulic conductivity and plant growth. *Molecules* 26, 7-10. doi:10.3390/molecules26010003
17. Posypanov G.S. (1991). Methods for studying biological fixation of atmospheric nitrogen. Moscow: Agropromizdat,.-300 p.
18. Rodrigo sa-Silva, Alexandre A., Brigido S., Oliveira S. (2017) Can stress response genes be used to improve the symbiotic performance of rhizobia. *AIMS Microbiology.*, 3, pp.365-382. Doi:10.3934/microbiol.2017.3.365
19. Sinclair T.R. and Vadez V. (2012) The future of grain legumes in cropping systems. *Crop Pasture Science*, 63, 501-512. <http://dx.doi.org/10.1071/CP12128>
20. Topunov A.F. (1996). Functioning of legume and regulation of oxygen regime in legume nodules: author's abstract. Dis. Dr. of Biol. Sci. M. - 46 p.
21. Yang, F. Tang,C, and Antonielli M. (2021). Natural and artificial humic substances to manage minerals, ions, water, and soil microorganisms. *Cem.Soc. Rev.*50, 6221-62339. Doi:10.1039/DOCS01363C
22. Zhang W., Li J., Li H., et al. (2023) Transcriptomic analysis of humic acid in relieving the inhibitory effect of high nitrogen on soybean nodulation. *Front. Plant Sci.* 14:1196939. doi.10.3389/fpls.2023.1196939



23. Гадимов А.Г. (2010). Стартовые дозы азота и симбиоз сои с клубеньковыми бактериями. Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». №4. С. 44-47. [www.mqou.ru](http://www.mqou.ru)
24. Баймиев. Ан. Х., Птицын К.Г., Благова Д.К. и др. (2011). Генетическое разнообразие и филогения клубеньковых бактерий, вступающих в симбиоз с чинной весенней *Lathyrus vernus* (L.) benth. Микробиология. Т.80, №1. С. 100-104.
25. Безуглова О.С. (2000). Гуминовые удобрения. -Из кн.: Безуглова О.С. Удобрения и стимуляторы роста. Ростов на-Дону. Феникс, -320 с.
26. Волобуева О.Г. (2020). Влияние корневина и ризоторфина на гормональный статус и эффективность симбиотической системы растений фасоли. Научно-производственный журнал «зернобобовые и крупяные культуры». №2 (34). С.29-34
- 27.

### THE EFFECT OF RHIZOTORPHIN AND POTASSIUM HUMATE ON THE FORMATION OF THE SYMBIOTIC SYSTEM AND NITROGEN METABOLISM OF SOYBEAN GROWING IN THE GANJA AND KURDAMIR REGIONS

#### SUMMARY

**The purpose of the research** - The separate and complex effects of rhizotorphine and potassium humate on the formation of the symbiotic system and nitrogen metabolism of soybean plants grown in the Ganja and Kurdamir regions of our Republic, which differ in soil and climatic conditions, were studied.

**The methodology of the research** - Soybean plants (*Glicine hispida* L.) of the Bravo variety were used as experimental material. The plant seeds were infected with rhizotorphin (based on the bacterium *Bradyrhizibium japonicum* (штамм 634)) and treated with the potassium humate biopreparation. Phenological observations were carried out according to Kuperman and samples were taken for analysis at different phases of plant development. Formation of the symbiotic system and active symbiotic potential According to Posypanova, the amount of total, protein and non-protein nitrogen was determined by the Kjeldahl method.

**The practical importance of the research** - The results of the study can be used to grow environmentally friendly, high-quality, and high-yielding grain and legume crops in the unfavorable soil and climatic conditions of our republic.

**The results of the research** - Regardless of the growing environment, pre-sowing infection of soybean seeds with rhizobium bacteria and treatment with k-humate has a positive effect on the symbiotic activity of the plant. As a result of the combined effect of the two factors, a high increase in the number and mass of root nodules and the formation of the symbiotic apparatus of soybean plants grown in different environmental conditions is noted. The increase in the total nitrogen content in soybean organs is mainly due to the activity of symbiotic nitrogen fixation with the participation of potassium humate.

**The scientific novelty of research** - The positive effect of potassium humate on increasing the concentration of protein nitrogen against the background of an increase in the total nitrogen content in soybean seeds treated with rhizotorphin under unfavorable soil and climatic conditions leads to an increase in the protective and adaptive response of the plant to stressful conditions.

**Keywords:** Soybeans, rhizotorphin, potassium humate, symbiotic system, symbiotic potential, nitrogen metabolism

### ВЛИЯНИЕ РИЗОТОРФИНА И ГУМАТА КАЛИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И АЗОТНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ СОИ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ В РЕГИОНАХ ГЯНДЖА И КЮРДАМИР

#### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования-** Были изучены отдельные и комплексные эффекты ризоторфина и гумата калия на формирование симбиотической системы и азотный обмен растения соя, произрастающих в



Гянджинском и Кюрдамирском регионах нашей Республики, различающихся почвенно-климатическими условиями.

**Методология исследования-** В качестве экспериментального материала использовался растения соя ((*Glicine hispida* L.) сорта «Браво»). Семена растения были инфицированы ризоторфином (на основе бактерии *Bradyrhizibium japonicum* (штамм 634)) и обработаны биопрепаратом гумата калия. Фенологические наблюдения проводились по Куперману, образцы для анализа отбирались на разных стадиях развития растений. Формирование симбиотической системы и активный симбиотический потенциал определялись по Посыпанову, количество общего, белкового и небелкового азота – по методу Кьельдаля.

**Важность исследовательского приложения-** Результаты исследования могут быть использованы для выращивания экологически чистых, высококачественных и высокоурожайных зернобобовых культур в неблагоприятных почвенно-климатических условиях нашей республики.

**Результаты исследования-** Вне зависимости от условий выращивания, предпосевное инфицирование семян сои ризобияльными бактериями и обработка гуматом калия оказывают положительное влияние на симбиотическую активность растения. В результате комбинированного воздействия этих двух факторов отмечается значительное увеличение количества и массы корневых клубеньков и формирование симбиотического аппарата у растений сои, выращенных в различных условиях окружающей среды. Увеличение общего содержания азота в органах сои в основном обусловлено активностью симбиотической фиксации азота с участием гумата калия

**Научная новизна исследования-** Положительное влияние гумата калия на увеличение концентрации белкового азота на фоне увеличения общего содержания азота в семенах сои, обработанных ризоторфином в неблагоприятных почвенно-климатических условиях, приводит к усилению защитно-адаптивной реакции растения на стрессовые условия.

**Ключевые слова:** Соя, ризоторфин, гумат калия, симбиотическая система, симбиотический потенциал, азотный метаболизм.

*Məqalə daxil olmuşdur: 04.03.2026*

*Təkrar işləməyə göndərilmişdir:*

*12.03.2026*

*Çapa qəbul edilmişdir: 20.03.2026*

*Дата поступления статьи в*

*редакцию: 04.03.2026*

*Отправлено на повторную*

*обработку: 12.03.2026*

*Принято к печати: 20.03.2026*

*The date of the admission of the*

*article to the editorial office:*

*04.03.2026*

*Send for reprocessing: 12.03.2026*

*Accepted for publication: 20.03.2026*