

УДК 631.811: 631.427.2.

М.А. Ткаченко, доктор сільськогосподарських наук

Ю.О. Драч, кандидат біологічних наук
 ННЦ «ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН»

М.І. Блащук, кандидат сільськогосподарських наук
 Черкаська ДСГДС ННЦ «Інститут землеробства НААН»

ОПТИМІЗАЦІЯ УДОБРЕННЯ СОЇ ЗА ВИДОВИМ ГЕНОТИПНИМ СПІВВІДНОШЕННЯМ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ

У статті наведено результати досліджень (2013, 2015 рр.) з вивчення ефективності застосування доз добрив, розрахованих за видовим генотипним співвідношенням (ВГС) елементів живлення сої, що вирощувалась на кислому ($pH_{\text{сольовий}} 4,6$) сірому лісовому ґрунті Правобережного Лісостепу. Внесення $N_{60}P_{12}K_{15}Ca_{15}Mg_3$ з одночасною інокуляцією насіння препаратом *Bradyrhizobium japonicum* 6346 + поліштам *Bacillus subtilis* забезпечило найвищий рівень нодуляції (37,8 бульбочок на коренях рослини) та максимальний врожай насіння, який перевищує оптимізовану за ВГС дозу удобрення ($N_{60}P_{12}K_{15}$) на 0,93 т/га, а загальноприйнятю $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 1,84 т/га. За цих умов окупність 1 кг $NPCKaMg$ складає 20,6 кг насіння сої, що перевищує загальноприйнятю дозу удобрення в 7,1 рази, $N_{60}P_{12}K_{15}$ – у 1,5 рази. При цьому умовно чистий дохід становить 15160 грн/га, а окупність однієї гривні витрат – 7,15 грн.

Ключові слова: елементи живлення, лужноземельні елементи, соя, видове генотипне співвідношення, дози добрив, окупність добрив.

Упродовж останніх років в Україні набувають усе більш широкого розповсюдження посіви сої. За даними міністерства статистики України в 2016 році соя вирощувалась на площі 1846,3 тис. га з них в умовах високої кислотності ґрунтів (на орних землях Волинської, Житомирської, Івано-Франківської, Київської, Львівської, Рівненської, Тернопільської, Хмельницької та Чернігівської областей) соя розміщувалась на площі 600 тис. га, що складає 32,5% від загальної площі посівів [1]. За своїми біологічними особливостями соя відноситься до культур, які найкраще ростуть і розвиваються в інтервалі обмінної кислотності ґрунту ($pH_{\text{Ксц}}$) 6,0-7,5 [2]. Тому значну актуальність має питання оптимізації умов росту і розвитку сої на кислих ґрунтах у вищенаведених областях України. Для цього була апробована нова розробка відділу агроґрунтознавства ННЦ «Інститут землеробства НААН» з оптимізації живлення рослин за сумісного використання азоту, фосфору, калію, кальцію та магнію [3, 4].

Мета, завдання і методика дослідження. Метою дослідження було вивчення ефективності та меліоративної здатності доз добрив під сою визначених за її видовим генотипним співвідношенням (ВГС) основних елементів живлення ($NPCKaMg$). Дослідження проводили упродовж 2013 та 2015 років у польовому досліді відділу агроґрунтознавства ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани).

Схема досліді :

1. Без добрив (бактеризація насіння композицією *Bradyrhizobium japonicum* 6346 + поліштам *Bacillus subtilis*) – фон

2. Фон + $N_{60}P_{60}K_{60}$

3. Фон + $N_{60}P_{12}K_{15}$ за ВГС культури

4. Фон + $N_{60}P_{12}K_{15}Ca_{15}Mg_3$ за ВГС культури

5. Фон + доза добрив за ВГС культури $N_{60}P_{29}K_{38}Ca_{37}Mg_6$ (сумарна доза азоту з врахуванням фіксації біологічного азоту в межах N_{90})

6. Фон + доза добрив на запланований рівень урожайності 3,5 т/га $N_{155}P_{47}K_{62}Ca_{61}Mg_{10}$

Ґрунт сірий лісовий легкосуглинковий, орний шар якого має таку фізико-хімічну та агрохімічну характеристику: вміст гумусу – 1,24%, $pH_{\text{сольовий}} 4,6$, $pH_{\text{водний}} 5,0$, $N_T 2,27$ мг-екв на 100 г ґрунту, лужногідролізованого азоту – 40 мг, рухомого P_2O_5 – 108 мг та обмінного K_2O – 102 мг на 1 кг ґрунту.

Соя сорту Ворскла, передпосівну інокуляцію насіння проводили комплексним мікробним препаратом *Bradyrhizobium japonicum* 6346 + поліштам *Bacillus subtilis*.

Площа дослідної ділянки – 20 м², облікова – 15 м². Повторення досліді чотириразове. Видове генотипне співвідношення (ВГС) сої визначено виходячи з узагальненого вмісту елементів живлення в культурі [5,6,7,8]. Встановлено, що ВГС сої по $NPCKaMg$ складає: N-56,3%; P-10,9%; K-14,2%; Ca-13,9%; Mg-2,4%. Розрахунок доз внесення біогенних елементів за ВГС культури проводили згідно розробленої у відділі агроґрунтознавства ННЦ «ІЗ НААН» методики [3].

У досліді азотні добрива вносили у вигляді аміачної селітри (ГОСТ 2-85), фосфорні добрива у вигляді гранульованого суперфосфату (ГОСТ 5956-78), калійні – хлористого калію (ГОСТ 4568-49), кальцій – вапняк мелений (ГОСТ –14050-93), магній – сапонітове борошно (ДСТУ 7110:2009).

Облік урожаю та фенологічні спостереження проводили за «Методикою державного сортовицтвобування сільськогосподарських культур» [9].

Результати досліджень. Узагальнення отриманих результатів дослідження свідчать про те, що застосування доз біогенних елементів розрахованих за ВГС сої забезпечило підвищення рівня нодуляції кореневої системи рослин і врожайності насіння порівняно із загальноприйнятною дозою мінеральних добрив. Так, внесення дози мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ з одночасною інокуляцією насіння забезпечило нодуляцію кореневої системи на рівні 23,6 бульбочок на рослині й урожайність сої – 1,86 т/га, тоді як внесення $N_{60}P_{12}K_{15}$ (доза за ВГС

культури) забезпечило утворення більше на 7,3 бульбочок на одній рослині та приріст урожаю порівняно з фоном на 1,23 т/га, а із загальноприйнятною дозою добрив – 0,71 т/га. Доповнення біогенних елементів кальцієм та магнієм за ВГС сої ($N_{60}P_{12}K_{15}Ca_{15}Mg_3$) забезпечило найвищий рівень нодуляції (37,8 бульбочок на кореневій системі рослини) та максимальний врожай насіння, який перевищує варіант з внесенням $N_{60}P_{12}K_{15}$ на 0,93 т/га, а загальноприйнятую дозу удобрення ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – на 1,84 т/га (таблиця 1).

Подальше збільшення доз фосфору, калію, кальцію та магнію – $N_{60}P_{29}K_{38}Ca_{37}Mg_6$ також забезпечувало збільшення врожайності насіння сої порівняно з фоном на 1,92 т/га, а із загальноприйнятною дозою добрив – на 1,40 т/га. Максимальна доза удобрення $N_{155}P_{47}K_{62}Ca_{61}Mg_{10}$, розрахована на запланований рівень врожайності 3,5 т/га насіння, за роки досліджень сформувала найнижчий рівень урожайності (2,99 т/га) та мінімальну нодуляцію кореневої системи рослин сої (23,5 шт. бульбочок на рослині) у варіантах, де вивчалась ефективність NPKCaMg.

Таким чином виявлено, що оптимізація живлення рослин сої основними елементами живлення (NPKCaMg) на основі ВГС навіть за високого рівня обмінної й актуальної кислотності орного шару сірого лісового ґрунту ($pH_{\text{сольовий}} - 4,6$, $pH_{\text{водний}} - 5,0$) дозволяє збільшити нодуляцію кореневої системи рослин у 1,6-2,0 рази порівняно з фоном і забезпечити врожайність у межах 2,6-3,5 т/га за врожайності на фоновому варіанті - 1,34 т/га насіння.

Потрібно відмітити, що забезпечуючи вищу врожайність сої, дози удобрення встановлені на основі ВГС культури підвищують окупність 1 кг біогенних елементів. Так, внесення загальноприйнятої дози добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечує окупність 1 кг NPK на рівні 2,9 кг насіння сої, за оптимізації дози удобрення на основі ВГС ($N_{60}P_{12}K_{15}$) окупність 1 кг NPK зростає в 4,9 рази. За доповнення лужноземельними елементами ($N_{60}P_{12}K_{15}Ca_{15}Mg_3$) окупність 1 кг NPKCaMg зростає до 20,6 кг насіння сої, що перевищує загальноприйнятую дозу удобрення в 7,1 рази, а дозу $N_{60}P_{12}K_{15}$, оптимізовану за ВГС – у 1,5 рази.

За внесення $N_{60}P_{29}K_{38}Ca_{37}Mg_6$ окупність 1 кг NPKCaMg істотно зменшується та складає 12,8 кг, а за максимальної дози удобрення ($N_{155}P_{47}K_{62}Ca_{61}Mg_{10}$) вона не перевищує 4,9 кг насіння сої.

Також істотний вплив доз удобрення визначених за ВГС культури виявлено на зміни якості насіння сої, зокрема внесення загальноприйнятої дози мінеральних добрив ($N_{60}P_{60}K_{60}$) з одночасною інокуляцією насіння забезпечило вміст білка в насінні 38,1%, а за внесення $N_{60}P_{12}K_{15}$ - 38,5%, що на 1,6% та 2,0% відповідно більше ніж на фоновому варіанті (інокуляція насіння комплексним мікробним препаратом *Bradyrhizobium japonicum 634b* + поліштам *Bacillus subtilis*).

Сумісне застосування лужноземельних і основних біогенних елементів у дозі $N_{60}P_{12}K_{15}Ca_{15}Mg_3$ підвищило вміст білку до 39,6 %, що на 1,1 % більше в порівнянні із внесенням $N_{60}P_{12}K_{15}$. Подальше збільшення доз фосфору, калію, кальцію і магнію $N_{60}P_{29}K_{38}Ca_{37}Mg_6$ обумовило зниження

вмісту білка до 38,9 %, а за максимальної дози удобрення $N_{155}P_{47}K_{62}Ca_{61}Mg_{10}$ – 38,0 %. Слід відмітити, що на вміст жиру в насінні сої внесення добрив істотно не вплинуло – різниця між варіантами була в межах 0,1- 0,8 %.

Проведений економічний аналіз ефективності застосування вищенаведених доз біогенних і лужноземельних елементів свідчить про те, що загальноприйнята доза удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ внесена під сою забезпечує отримання лише 379 грн додаткового умовно чистого прибутку з гектара та окупність однієї гривні витрат на придбання і внесення добрив у межах 10 копійок. Застосування дози добрив, розрахованої за ВГС культури ($N_{60}P_{12}K_{15}$) дозволило знизити затрати на 1955 грн/га та за рахунок збільшення врожайності забезпечило отримання умовно чистого прибутку з гектара на рівні 8014 грн, а окупність 1 грн витрат у межах 4,38 грн.

Доповнення NPK лужноземельними елементами (Ca і Mg), а саме $N_{60}P_{12}K_{15}Ca_{15}Mg_3$ з одночасною інокуляцією насіння забезпечило максимальне зростання умовно чистого доходу (15160 грн/га), що на 7146 грн (89,1%) перевищує $N_{60}P_{12}K_{15}$, та на 14781 грн загальноприйнятую дозу удобрення. Разом з тим окупність однієї гривні витрат становила 7,15 грн.

Подальше збільшення доз азоту, фосфору, калію, кальцію і магнію – $N_{60}P_{29}K_{38}Ca_{37}Mg_6$ та $N_{155}P_{47}K_{62}Ca_{61}Mg_{10}$ призвело до зниження умовно чистого прибутку порівняно з найбільш ефективним варіантом у 1,3 та 2,2 рази, а окупність однієї гривні витрат знизилась до 3,66 і 1,05 грн відповідно.

Таким чином, використання принципу видового генотипного співвідношення (ВГС) елементів живлення сої для визначення доз удобрення та за внесення $N_{60}P_{12}K_{15}Ca_{15}Mg_3$ на фоні високої кислотності сірого лісового ґрунту ($pH_{\text{сольовий}} - 4,6$, $H_r - 2,27$ мг-екв на 100 г ґрунту) забезпечує зростання врожайності насіння на 88,2 % та окупність елементів живлення у 7,1 рази вищу порівняно із загальноприйнятною дозою $N_{60}P_{60}K_{60}$. Разом з тим сумарна доза внесення фосфорно-калійних добрив знижується на 77,5 %.

Висновки

1. Встановлено, що оптимізація живлення рослин сої основними елементами живлення (NPKCaMg) на основі ВГС культури навіть за високого рівня обмінної й актуальної кислотності орного шару сірого лісового ґрунту ($pH_{\text{сольовий}} - 4,6$, $pH_{\text{водний}} - 5,0$) дозволяє збільшити нодуляцію кореневої системи рослин у 1,6-2,0 рази порівняно з фоном (інокуляція насіння мікробним препаратом *Bradyrhizobium japonicum 634b* + поліштам *Bacillus subtilis*) і рівень урожайності у межах 2,57-3,50 т/га.

2. Доповнення біогенних елементів кальцієм та магнієм за ВГС сої ($N_{60}P_{12}K_{15}Ca_{15}Mg_3$) забезпечило найвищий рівень нодуляції (37,8 бульбочок на кореневій системі рослини) та максимальний врожай насіння (3,5 т/га), який перевищує $N_{60}P_{12}K_{15}$ на 0,93 т/га, а загальноприйнятую дозу удобрення – на 1,84 т/га. За цих умов окупність 1 кг NPKCaMg зростає до 20,6 кг насіння сої, що перевищує загальноприйнятую дозу удобрення ($N_{60}P_{60}K_{60}$) в 7,1 рази, оптимізовану за ВГС ($N_{60}P_{12}K_{15}$) – у 1,5 рази.

Таблиця 1.

Вплив інокуляції та удобрення на врожайність сої та окупність біогенних елементів на сірому лісовому ґрунті, середнє за 2013, 2015 рр.

№ п/п	Варіант	Нодульозна здатність, кількість бульбочок, шт/ук/рослина	Урожайність насіння, т/га	Приріст до фону, т/га	Окупність 1 кг біогенних елементів, кг насіння сої	Уміст білка, %	Уміст жиру, %	Витрати на придбання та внесення добрив, грн/га	Вартість додатково виробленої продукції, грн./га	Умовно чистий дохід, грн/га	Окупність гривні витрат, грн.
1	Без добрив (бактеризація насіння композицією <i>Bradyrhizobium japonicum</i> 6346 + поліштам <i>Vacillus subtilis</i>) – фон	19,0	1,34	-	-	36,5	20,4	100	-	-	-
2	Фон + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	23,6	1,86	0,52	2,9	38,1	20,4	3781	4160	379	0,10
3	Фон + N ₆₀ P ₁₂ K ₁₅ за ВГС культури	30,9	2,57	1,23	14,2	38,5	20,0	1826	9840	8014	4,38
4	Фон + N ₆₀ P ₁₂ K ₁₅ Ca ₁₅ Mg ₃ за ВГС культури	37,8	3,50	2,16	20,6	39,6	20,1	2120	17280	15160	7,15
5	Фон + доза добрив за ВГС культури N ₆₀ P ₂₉ K ₃₈ Ca ₃₇ Mg ₆ (сумарна доза азоту з врахуванням фіксації біологічного азоту в межах N ₉₀)	32,8	3,26	1,92	12,8	38,9	20,7	3296	15360	12064	3,66
6	Фон + доза добрив на запланований рівень урожайності 3,5 т/га насіння n ₁₅₅ p ₄₇ k- ₆₂ ca ₆₁ mg ₁₀	23,5	2,99	1,65	4,9	38,0	20,8	6440	13200	6760	1,05
НІР ₀₅		1,5	0,11			0,3	0,2				

3. Застосування N₆₀P₁₂K₁₅Ca₁₅Mg₃ з одночасною інокуляцією насіння забезпечило максимальний уміст білка в насінні сої (39,6%), а також умовно чистий дохід на рівні 15160 грн/га, що на 7146 грн.

(89,1%) перевищує N₆₀P₁₂K₁₅ та на 14781 грн. загальноприйнятую дозу удобрення (N₆₀P₆₀K₆₀). Разом з тим окупність однієї гривні затрат становила 7,15 грн.

Література

1. WWW. Ukr stat.gov. ua/operativ/operativ 2006/sg/sgrik/sg-u/rosl_u.html
2. Камінський В.Ф., Сайко В.Ф., Шевченко І.П., та ін. Сучасні системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур./За ред. д.с.-г.н. В.Ф. Камінського. – Київ : “Едельвейс”, 2012. – 196 с.
3. Методика розроблення оптимальних систем удобрення сільськогосподарських культур на основі бактеризації рослин, застосування біогенних елементів та оцінки конкретних ґрунтово-кліматичних умов / М.А. Ткаченко, Ю.О. Драч, Н.Р. Пастух, ННЦ ІЗ НААН”, 2015. – 16 с.
4. Ткаченко М.А. Видове генотипне співвідношення елементів живлення як основа оптимізації удобрення сільськогосподарських культур / М.А. Ткаченко, Ю.О. Драч // Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН» – Київ: ВП «Едельвейс», 2016.- Вип. 1- С. 27-35.
5. Лавриченко В.М. Соотношение элементов питания в растениях как видовое генотипическое понятие / В.М. Лавриченко // Вестник сельскохозяйственной науки. – № 7. – 1971. – С.129-134.
6. Горшкова М.А. Использование данных анализа листьев озимой пшеницы для уточнения агрохимических картограмм / М.А. Горшкова // Химия в сельском хозяйстве. – № 2. – 1976. – С. 38-45
7. Журбицкий З.И. Определение потребности растений в питании методом растительной диагностики / З.И. Журбицкий, В.М. Лавриченко // Агрохимия. – № 9. – 1977. – С. 127-133.
8. Городній М.М. Агрохімічний аналіз / М.М. Городній та ін. – Київ : Вища школа, 1995. – 318 с.

9. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур / В.В.Волкодав (ред.); державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин. – Київ : 2000. – Вип. 7.
10. Методи визначення показників якості рослинницької продукції / О.М. Гончар (ред.). 2000. – 144 с.

References

1. WWW. Ukr stat.gov. ua/operativ/operativ 2006/sg/sgrik/sg-u/rosl_u.html
2. Kaminskyi, V.F., Saiko V.F. & Shevchenko I.P. et.al. (2012). Suchasni systemy zemlerobstva i tekhnologii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur. V.F.Kaminskyi (Ed.). Kyiv :Edelweis.
3. Tkachenko, M.A., Drach, Yu.O. & Pastukh, N.R. (2015). Metodyka rozroblennia optimalnykh system udobrennia silskohospodarskykh kultur na osnovi bakteryzatsii roslyn, zastosuvannia biohennykh elementiv ta otsinky konkretnykh hruntovo-klimatychnykh umov. NNTs "IZ NAAN".
4. Tkachenko, M.A. & Drach, Yu.O. (2016). Vydove henotypne spivvidnoshennia elementiv zhyvlennia yak osnova optymizatsii udobrennia silskohospodarskykh kultur.Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru «Instytut zemlerobstva NAAN». Kyiv : VP Edelweis, 1, 27-35.
5. Lavrichenko, V.M. (1971). Sootnoshenie elementov pitaniya v rasteniyah kak vidovoe genotipicheskoe ponyatie. Vestnik sel'skohozyaystvennoy nauki, 7, 129-134.
6. Gorshkova, M.A. (1976). Ispolzovanie dannykh analiza listev ozimoy pshenitsyi dlya utochneniya agrohimiicheskikh kartogramm. Himiya v sel'skom hozyaystve, 2, 38-45.
7. Zhurbitskiy, Z.I. & Lavrichenko, V.M. (1977). Opredelenie potrebnosti rasteniy v pitanii metodom rastitelnoy diagnostiki. Agrohimiya, 9, 127-133.
8. Horodnii, M.M. (et.al.). (1995). Ahrokhimichnyi analiz. Kyiv : Vyscha shkola.
9. Metodyka derzhavnogo sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur. V.V.Volkodav (Ed.). Derzhavna komisiia Ukrainy po vyprobuvanniu ta okhoroni sortiv roslyn. Kyiv, 7.
10. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti roslinnytskoi produktsii / O.M.Honchar (Ed.).

Ткаченко Н. А., Драч Ю. А., Блащук М. И.

Оптимизация удобрения сои за видовым генотипическим соотношением основных элементов питания

В статье приведены результаты исследований (2013, 2015 гг.) по изучению эффективности применения доз удобрений, рассчитанных по видовому генотипическому соотношению (ВГС) элементов питания сои, что выращивалась на кислой ($pH_{\text{сольовий}} 4,6$) серой лесной почве Правобережной Лесостепи. Применение $N_{60}P_{12}K_{15}Ca_{15}Mg_3$ с одновременной инокуляцией семян *Bradyrhizobium japonicum* 6346 + полиштам *Bacillus subtilis* обеспечило самый высокий уровень нодуляции (37,8 клубеньков на корнях растения) и максимальной урожай семян, который превосходит дозу $N_{60}P_{12}K_{15}$ (рассчитаную за ВГС культуры) на 0,93 т/га, а общепринятую $N_{60}P_{60}K_{60}$ - на 1,84 т/га. При этом окупаемость 1 кг НПКСаМг составляет 20,6 кг семян сои, что превышает общепринятую дозу удобрения в 7,1 раз, $N_{60}P_{12}K_{15}$ – в 1,5 раз. При этом условно чистая прибыль составляет 15160 грн/га, а окупаемость одной гривны затрат – 7,15 грн.

Ключевые слова: элементы питания, видовое генотипическое соотношение, соя, дозы удобрений, окупаемость удобрений.

Tkachenko N. A., Drach Y. A., Blashchuk M. I.

Optimization fertilizer soybean for the specific on genotypic ratio of the main nutrients

The article presents the results of research (2013, 2015 years) study the effectiveness application doses of fertilizers, calculated by species genotype ratio (SGR) elements of soybean nutrition, that was grown on acid ($pH_{\text{saline}} 4,6$) gray forest soil of Right-Bank Forest-Steppe. Adding of $N_{60}P_{12}K_{15}Ca_{15}Mg_3$ with simultaneous seed inoculation by a preparation *Bradyrhizobium japonicum* 6346 + polishtam *Bacillus subtilis* provide the highest level of nodulation (37,8 nodules on the roots of plant) and maximum seed yield, which exceeds optimized by SGR dose of fertilizer ($N_{60}P_{12}K_{15}$) on 0,93 t/ha, and conventional $N_{60}P_{60}K_{60}$ – on 1,84 t/ha. In these conditions recoupment 1 kg NPKCaMg is 20,6 kg of soybean seeds, that exceeds the conventional dose of fertilization in 7,1 times, $N_{60}P_{12}K_{15}$ – in 1,5 times. At the same time conventionally net profit amounts 15160 UAH/ha, and recoupment of one hryvnia costs – 7,15 UAH.

Keywords: nutritions, alkaline earth elements, soybeans, species genotype ratio, doses of fertilizers, recoupment of fertilizers.

Рецензенти:

Сінченко В.М. – доктор с.-г. наук

Шевченко І.П. – кандидат с.-г. наук

Стаття надійшла до редакції: 22.08.2016 р.