

ОЦІНКА НЕМАТОДОСТІЙКОСТІ ДИКИХ ВИДІВ КАРТОПЛІ

Шістнадцять клонів диких видів картоплі оцінювали на стійкість проти *G. pallida* (патотип Pa2/3) в умовах теплиці за методикою, викладеною в стандарті ЄОКЗР РМЗ/68 та Директиві ЄС 2007/33/ЄС. Більшість клонів проявили низький або середній рівень нематодостійкості, в протиположності двом клонам *S. kurtzianum* KTZ 7168 та *S. gourlayi* ssp. *gourlayi* GRL 71611, відносна стійкість яких була визначена на рівні 8 та 9 балів відповідно. Зазначені клони можуть бути рекомендовані до включення в селекційні програми по створенню стійких проти даного карантинного виду нематод сортів картоплі.

***Globodera pallida*, дикі види картоплі, стійкість, біотест**

В інтегрованих системах захисту рослин від небезпечних карантинних організмів — картопляних цистоутворюючих нематод (*Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida*) — використання нематодостійких сортів вважається економічно доцільним, екологічно безпечним та ефективним заходом, що дає змогу вже за один сезон скоротити чисельність популяції нематод на 80—95% (залежно від вихідної щільності нематод у ґрунті) [15, 16].

Більш тривале вирощування стійкого сорту у вогнищі глободерозу сприяє майже повному очищенню ґрунту від нематод, проте в такому випадку існує ризик відбору вірулентних патотипів нематод, здатних долати ефективно до цього часу гени стійкості [15].

Відбір вірулентних популяцій нематод значно гальмується у разі чергування в сівозміні сортів картоплі з різними генами стійкості або однаковими, але різного походження [1, 6]. Цим зумовлена необхідність створення сортів картоплі за широкої генетичної бази, хоча успіх такої роботи значною мірою лімітується ефективністю інтрогресії в селекційний матеріал генів контролю ознаки стійкості від диких видів картоплі. На заваді стоїть в першу чергу різни-

Л.А. ПИЛИПЕНКО,
кандидат біологічних наук
Інститут захисту рослин НААН

ця в плоідності культурних та диких видів картоплі та ймовірність успадкування, крім ознаки нематодостійкості, ще й низки таких небажаних господарських ознак дикого виду, як пізньостиглість, низький вміст сухих речовин, незадовільні смакові якості тощо. Певні обмеження накладає і генетика стійкості, природа якої проти виду *G. rostochiensis* має здебільшого моногенний характер, тоді як проти виду *G. pallida* — полігенний [4].

Майже абсолютну стійкість проти *G. rostochiensis* патотипів Ro1 та Ro4 забезпечує ген H1 від дикого виду *S. tuberosum* ssp. *andigena* CPC1673 [4, 5, 9, 14]. Дотепер лише для цього гена стійкості доведено чітку взаємодію з нематодою за типом «ген — на — ген», в основі якої — реакція гіперчутливості в місці локалізації нематод всередині кореня рослин [8]. Досягненням сучасних селекційних програм є одержання сортів з двома (Picasso) і навіть трьома (Spey) копіями цього гена в тетраплоїдному геномі картоплі, що значно підвищує вихід стійких нащадків у разі використання їх в якості батьківських форм (до 100% в останньому випадку) [4].

До переліку інших головних генів стійкості проти *G. rostochiensis* відносять ген *Gro1* (донор стійкості — *Solanum spegazzinni*) та *GroVI* (*S. vernei*); проти *G. pallida* — ген *Gpa2* (*S. tuberosum* ssp. *andigena* CPC1673), *H2* (*S. multidissectum*) та *H3* (*S. tuberosum* ssp. *andigena* CPC2775, CPC2802). Значно більше ідентифіковано локусів кількісних ознак, що забезпечують полігенну часткову стійкість проти *G. rostochiensis* — *Gro1.2*, *Gro1.3*, *Gro1.4* (*S. spegazzinni*), *Grp1* (*S. vernei*) та проти *G. pallida* — *GpaIV^{adg}* (*S. tuberosum* ssp. *andigena*),

Gpa (*S. spegazzinni*), *Gpa4*, *Gpa5*, *Gpa6* (*S. vernei*), *Grp1* (*S. vernei*), *GpaV^{sp1}*, *GpaXI^{sp1}* (*S. sparsipilum*), *GpaM1*, *GpaM2*, *GpaM3* (*S. spegazzinni*), *GpaX^{I_{tar}}* (*S. tarijense*) та ін. [4, 5, 14].

Крім вже зазначених, донорами стійкості можуть бути також дикі види картоплі *S. acaule*, *S. boliviense*, *S. bulbocastanum*, *S. gourlayi*, *S. capsicibaccatum*, *S. cardiophyllum*, *S. oolocense*, *S. sucrense* та ін. Наведений список є далеко не повним, оскільки в колекціях світу представлено і вивчено лише половину існуючих у Центральній та Південній Америці (центри походження) видів картоплі. Отже, ця робота потребує логічного продовження і нині [4, 7].

Мета досліджень — провести скринінг ознаки стійкості проти *G. pallida* 16-ти клонів диких видів картоплі з генетичного банку The Commonwealth Potato Collection (дослідження виконані на базі The James Hutton Institute (Dundee, Scotland, UK) в межах науково-дослідних робіт за грантом The Royal Society / NATO Postdoc Fellowship).

Методика досліджень. Біотест закладали в умовах теплиці, для чого тепличні касети спочатку на $\frac{3}{4}$ заповнювали чорноземом і вносили 10 ± 1 цист *G. pallida* патотипу Pa2/3 (Lindley, UK) [2], потім висаджували бульби 16-ти клонів диких видів картоплі; в якості контролю використовували частково стійкий проти *G. pallida* сорт картоплі Morag (*S. vernei*), сприйнятливий клон дикого виду *S. phureja* DB 252 28 та DB 337 37 і сорт Desiree (стандарт). Після висаджування бульб горщики повністю засипали чорноземом. Дослід було закладено в 5-ти повтореннях; рослини висаджені в рендомізованій послідовності (рис. 1).

Впродовж 12-ти тижнів рослини поливали за потребою; після зазначеного терміну полив припиняли. Після повного висушування ґрунту цисти нематод наживали за допомогою модифікованого методу Фенуїка [17] і підраховували під бінокулярною лупою.

Відповідно до стандарту Європейської та Середземноморської Організації Захисту та Карантину Рослин (ЄОКЗР) РМ3/68 [13] та Директиви ЄС 2007/33/ЄС [3] рівень сприйнятливості кожного досліджуваного зразка картоплі до *G. pallida* було визначено у перерахунку до контролю за встановленою формулою:

$$\frac{\text{Післязбиральна кількість цист нематод на досліджуваному сорті}}{\text{Післязбиральна кількість цист нематод на стандартному сприйнятливому сорті}} \times 100\%$$

Після того бал нематодостійкості визначали за встановленою 9-бальною шкалою, відповідно до якої 9 балів означає найвищий ступінь стійкості [3, 13].

Результати досліджень. За результатами проведеного тесту на коренях всіх досліджуваних клонів були виявлені цисти *G. pallida* нового покоління (рис. 2): в середньому від однієї до 81 на рослину. На коренях контрольних сприйнятливих рослин їх чисельність була більшою (до 143 цист на рослину); на контрольному частково стійкому сорті *Moqag*, навпаки, меншою (21 циста/рослину) (табл.).

Відповідно до методики досліджень ступінь сприйнятливості кожного клону визначали у перерахунку до контролю за наведеною вище формулою. Встановлено, що ранжування ступеня сприйнятливості досліджуваних клонів картоплі щодо всіх трьох контрольних сприйнятливих рослин було однаковим, з проявом найменшого ступеня сприйнятливості для клонів *S. kurtzianum* KTZ 7168 та *S. gourlayi ssp. gourlayi* GRL 7161 1 (0,7 — 1,9%), а найбільшого — для клону 00 F1 10 9 (56,6 — 155,8%), що вказує на ефективність підібраних додаткових контрольних сприйнятливих клонів *S. phureja* DB 252 28 та *S. phureja* DB 337 37 порівняно зі сприйнятливим стандартом — сортом *Desiree*.

Подальші підрахунки бала стійкості засвідчили найнижчий рівень стійкості проти *G. pallida* (2–3 бали) для п'яти та середній рівень стійкості (4–5 балів) для дев'яти досліджуваних клонів диких видів картоплі (табл.).

Найвищий рівень стійкості проти *G. pallida* встановлено для клонів *S. kurtzianum* KTZ 7168 та *S. gourlayi ssp. gourlayi* GRL 7161 1 — 8 та 9 балів стійкості відповідно.

Як відомо, в основі оцінки нема-



Рис. 1. Біотест з оцінки стійкості диких видів картоплі проти *G. pallida* за фенотиповими ознаками

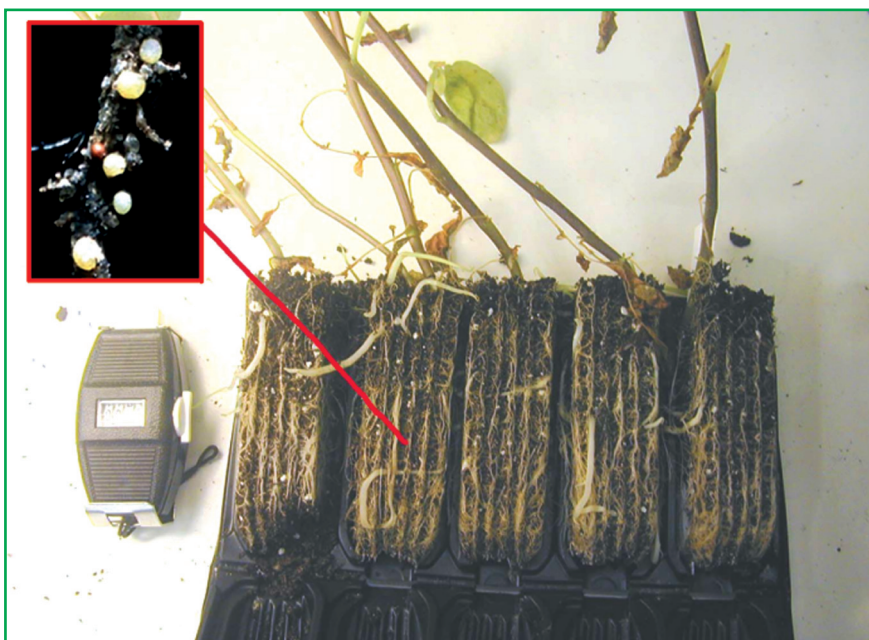


Рис. 2. Огляд кореневої системи рослин з метою обліку молодих самиць *G. pallida*

тодостійкості традиційно використовують різні методи біотестування з вирощування рослин на інвазійних фонах з наступним аналізом фенотипового прояву стійкості, зокрема — обліку самиць глободер нового покоління на коренях досліджуваних рослин [10–12, 16].

Слід зазначити, що багато дослідників робили спроби з удосконалення методу оцінювання нематодостійкості в умовах біотесту, для чого випробовували горщики (посудини) різних розмірів, прозорості чи закритості; змінювали підходи до визначення рівня вихідного

інвазійного навантаження і підрахунку кінцевої (післязбиральної) чисельності нематод. Останнє знало кардинальних змін — від екстрагування по закінченню біотесту та підрахунку всіх цист в ґрунті з дослідного горщика до обліку молодих самиць лише на поверхні утвореного з коренів рослин та ґрунту кому за принципом: цисти відсутні — стійкий сортозразок, 1–5 цист — слабкостійкий сортозразок, понад 5 цист — нестійкий сортозразок [16].

Проте біотест в такий спосіб виявився придатним лише для оцінювання якісної (абсолютної)

Ступінь сприйнятливості досліджуваних диких видів/зразків картоплі та бал стійкості проти *Globodera pallida*

Дикі види, зразки, сорти картоплі	Середня кількість цист на рослину, шт.	Ступінь сприйнятливості, %			Бал стійкості			
		DB 252 28	DB 337 37	Desiree	DB 252 28	DB 337 37	Desiree	середнє
00 F1 10 9	81	155,8	60,4	56,6	1	2	2	2
<i>S. mochiquense</i> PPC 7062 5	40	76,9	29,9	28,0	2	3	3	3
<i>S. bukasovii</i> Buk 7170	40	28,0	29,9	28,0	3	3	3	3
<i>S. verrucosum</i> Ver 7130 7	32	61,5	23,9	22,4	2	4	4	3
PMS 7156 2	27	51,9	20,1	18,9	2	4	4	3
<i>S. jameasi</i> Torr. Jam 7166 10	26	50,0	19,4	18,2	3	4	4	4
NCP 7288 3	15	28,8	11,2	10,5	3	5	5	4
<i>S. chacoense</i> CHC 7234 2	26	50,0	19,4	18,2	3	4	4	4
ACL 709	18	34,6	13,4	12,6	3	5	5	4
<i>S. berthaultii</i> TAR 7209 4	20	38,5	14,9	14,0	3	5	5	4
<i>S. gourlayi</i> Can 7162	8	16,2	6,3	5,9	4	6	6	5
<i>S. okadae</i> Oka 7129A 9	9	17,3	6,7	6,3	4	6	6	5
CPH 7288 3	12	23,1	9,0	8,4	4	6	6	5
123 80 ac2	9	17,3	6,7	6,3	4	6	6	5
<i>S. kurtzianum</i> KTZ 7168	≈ 1	1,9	0,7	0,7	8	8	8	8
<i>S. gourlayi ssp. gourlayi</i> GRL 71611	≈ 1	1,9	0,7	0,7	8	9	9	9
Контроль, частково стійкий								
Morag (<i>S. vernei</i>)	21	40,4	15,7	14,7	3	4	5	4
Контроль, сприйнятливий								
<i>S. phureja</i> DB 252 28	52	—	—	—	—	—	—	—
<i>S. phureja</i> DB 337 37	134	—	—	—	—	—	—	—
Desiree (стандарт)	143	—	—	—	—	—	—	—

стійкості рослин, зумовленої домінуючими генами стійкості (наприклад *H1*), тоді як для визначення кількісної (часткової) стійкості більш прийнятним був перерахунок чисельності новоутворених самиць нематод до такої ж на відповідному стандарті сприйнятливої сорту. Відносно ранжування ознаки стійкості в зазначений спосіб виявилось достовірно однаковим за оцінювання методу в різних наукових центрах країн Європейської Співдружності, попри очевидну залежність фенотипового прояву ознаки часткової нематодостійкості від комбінації «генотип × навколишнє середовище» (вихідний рівень інвазії, патотип нематод, вологість, температура, освітлення тощо) [10–12]. Тому метод було включено до офіційних селекційних програм багатьох країн Європи та представлено в стандарті ЄОКЗР РМ 3/68 [13] та Директиві ЄС 2007/33/ЄС [3].

Підтвердженням стали і власні дослідження, що засвідчили однакове ранжування ступеня стійкості проти *G. pallida* досліджуваних кло-

нів диких видів картоплі у перерахунку до всіх трьох контрольних сприйнятливих зразків: *S. phureja* DB 252 28, *S. phureja* DB 337 37 та сорту картоплі Desiree.

ВИСНОВОК

Визначено рівень часткової стійкості проти *G. pallida* (патотипу *Pa2/3*) 16-ти клонів диких видів картоплі, серед яких найвищим балом стійкості характеризувались зразки *S. kurtzianum* KTZ 7168 (8 балів) та *S. gourlayi ssp. gourlayi* GRL 71611 (9 балів), що дає можливість рекомендувати їх в якості перспективних джерел стійкості в селекційних програмах зі створення сортів картоплі з частковою стійкістю проти зазначеного карантинного організму.

ЛІТЕРАТУРА

- Beniers A. Selection for virulence of *Globodera pallida* by potato cultivars / A. Beniers, A. Mulder, H.J. Schouten // *Fundamental and Applied Nematology*. — 1995. — 18(5). — P. 497–500.
- Blok V.C. Comparison of British populations of potato cyst nematodes with populations from continental Europe and South America us-

ing RAPDs / V.C. Blok, M.S. Phillips, B.E. Harrower // *Genome*. — 1997. — 40(3). — P. 286–293.

3. Council Directive 2007/33/EC of 11 June 2007 on the control of potato cyst nematodes and repealing Directive 69/465/EEC // *Official Journal of the European Union*. — 2007. — 156. — P. 12–22.

4. Dale M.F.B. Breeding for resistance to potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*: strategies, mechanisms and genetic resources / M.F.B. Dale, M.M. de Scurrah. In: *Potato Cyst Nematodes*. Eds. R.J. Marks, B.B. Brodie. — CABI. — 1998. — P. 167–196.

5. Finkers-Tomczak A.M. Comparative sequence analysis of the potato cyst nematode resistance locus H1 reveals a major lack of co-linearity between three haplotypes in potato (*Solanum tuberosum ssp.*) / A.M. Finkers-Tomczak, E. Bakker, J. de Boer, E. van der Vossen, U. Achenbach, T. Golas, S. Suryanigrat, G. Smant, J. Bakker, A. Govere // *Theor. Appl. Genet.* — 2011. — 122. — P. 595–608.

6. Fournet S. Selection of nematodes by resistant plants has implications for local adaptation and cross-virulence / S. Fournet, M.C. Kerlan, L. Renault, J.P. Dantec, C. Rouaux and J. Montarry // *Plant Pathology*. — 2013. — 62. — P. 184–193.

7. Hawkes J.G. The potato: Evolution, biodiversity and genetic resources. Belhaven Press, London, 1990. — 259 pp.

8. Janssen R. Mendelian proff for a gene-for-gene relationship of *Globodera rostochiensis* and the H1 resistance gene in *Solanum tuberosum ssp. andigena* CPC 1673 / R. Janssen, J. Bakker, F.J. Gommers // *Revue de Nematologie*. — 1991. — 14. — P. 213–219.

9. Kort J. An international scheme for identifying and classifying pathotypes of potato cyst nematodes *G. rostochiensis* and *G. pallida* / J. Kort, H. Ross, H.J. Rumpfenhorst, A.R. Stone // *Nematologica*. — 1977. — 23 (3). — P. 333–339.

10. Phillips M.S. Environmental Interactions in the Assessment of Partial Resistance To Potato Cyst Nematodes. I. Interactions with centers / M.S. Phillips, H.J. Rumpfenhorst, D.L. Trudgill, K. Evans, G. Gurr, D. Heinicke, M. Mackenzie, S. Turner // *Nematologica*. — 1989a. — 35(2). — 1989. — P. 187–196.

11. Phillips M.S. Environmental Interactions in the Assessment of Partial Resistance To Potato Cyst Nematodes. II. Interactions with sites and populations / M.S. Phillips, H.J. Rumpfenhorst, D.L. Trudgill, K. Evans, G. Gurr, J.M.S. Forrest, C.N.D. Lacey, M. Mackenzie, A. Treur, S. Turner // *Nematologica*. — 1989b. — 35(2). — 1989. — P. 197–206.

12. Phillips M.S. Environmental Interactions in the Assessment of Partial Resistance To Potato Cyst Nematodes. III. Interactions with, and virulence differences between populations / M.S. Phillips, H.J. Rumpfenhorst, D.L. Trudgill // *Nematologica*. — 1989c. — 35(2). — 1989. — P. 207–215.

13. PM3/68(1) Testing of potato varieties to assess resistance to *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida* // *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. — 2006. — 36. — P. 419–420.

14. Schultz L. Evaluation and implementation of a potential diagnostic molecular marker for H1-conferred potato cyst nematode resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.) / L. Schultz, N.O.I. Cogan, K. McLean, M.F.B. Dale, G.J. Bryan, J.W. Forster, A.T. Slater // *Plant Breeding*. — 2012. — 131. — P. 315–321.

15. Whitehead A.G. Management and regulatory control strategies for potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *Globodera*

pallida) / A.G. Whitehead, S.J. Turner In: Potato Cyst Nematodes. Eds. R.J. Marks, B.B. Brodie. — CABI. — 1998. — P. 135—152.

16. Пилипенко Л.А. Взаємовідносини в системі “паразит-рослина-господар” при глободерозі картоплі: дис. ... канд. біол. наук: 06.01.11 / Пилипенко Лілія Амінівна. — К., 1999. — 136 с.

17. Сигарева Д.Д. Методические указания по выявлению и учету паразитических нематод полевых культур. — К.: Урожай, 1986. — 41 с.

Пилипенко Л.А.

Оценка нематодоустойчивости диких видов картофеля

Шестнадцать клонов диких видов картофеля оценивали на устойчивость к *G. pallida* (патотип Pa2/3) в условиях теплицы по методике, изложенной в

стандарте ЕОКЗР РМ3/68 и Директиве ЕС 2007/33/ЕС. Большинство клонов проявили низкий или средний уровень нематодоустойчивости, в противоположность двум клонам *S. kurtzianum* KTZ 7168 и *S. gourlayi* ssp. *gourlayi* GRL 71611, относительная устойчивость которых была определена на уровне 8 и 9 баллов соответственно. Указанные клоны могут быть рекомендованы к включению в селекционные программы по созданию устойчивых против данного карантинного вида нематод сортов картофеля.

***Globodera pallida*, дикі види картофеля, стійкість, біотест**

Pylypenko L.

Evaluation of nematode resistance in wild potato species

Sixteen clones of wild potato species were evaluated against *G. pallida* (pathotype Pa2/3) in greenhouse experiment following EPPO PM3/68 standard and Council Directive 2007/33/EC. Most of the clones showed low or moderately resistant response whereas two clones (*S. kurtzianum* KTZ 7168 and *S. gourlayi* ssp. *gourlayi* GRL 71611) demonstrated high resistance response (8 and 9 scores respectively) therefore they could be recommended as a source of partial resistance against this quarantine nematode in potato breeding program.

***Globodera pallida*, wild potato species, resistance, biotest**

Рецензент:

Сигарева Д.Д.,
член-кор. НААН,

доктор біологічних наук, професор,
Інститут захисту рослин НААН

УДК 631.95 : 547.992

© Д.О. Козаренко, 2013

ЗАСТОСУВАННЯ ГУМАТІВ —

перспективний метод зменшення хімічного навантаження на агроценози

Досліджено вплив гуматів на: оптимізацію норм пестицидів та підвищення їх ефективності; поліпшення засвоєння елементів живлення з ґрунту та з добрив; зменшення вмісту нітратів та важких металів у сільськогосподарській продукції і покращення її якісних показників; підвищення урожайності культур в агроценозах.

гумати, гумінові кислоти, фульвові кислоти

Одним із шляхів зменшення хімічного навантаження на агроценози є застосування гумінових добрив природного походження. Ці речовини здатні підвищувати стійкість рослин до різних несприятливих факторів зовнішнього середовища (заморозків, засух, дії пестицидів), відновлювати родючість ґрунту, підвищувати врожайність культур, покращувати харчову цінність продукції та її екологічну чистоту, знижувати витрати на одержання врожаю, підвищуючи рентабельність сільськогосподарського виробництва [1].

Гумати (солі гумінових кислот) добре розчинні у воді і мають фізіологічно активні властивості, в малих дозах стимулюють ріст і розвиток рослин, а у великих — пригнічують.

Д.О. КОЗАРЕНКО,

агроном-дослідник ТОВ «Агротехносоюз»

Дію гуматів потрібно розглядати як дію регуляторів росту, а не як підвищення.

Природні органічні сполуки — гумінові кислоти — утворюються в процесі гуміфікації продуктів тваринного, рослинного і мікробного походження. Основна їх частина стійка до біохімічного розщеплення, тому вони накопичуються в ґрунті, торфах, бурому і вивітреному вугіллі, сапропелях [2].

Гумінові кислоти — це азотомісні високомолекулярні оксикарбонові кислоти з інтенсивним темно-бурым або червоно-бурым забарвленням. Їх екстрагують з ґрунту розчинами лугів, а потім розділяють на гумінові (ГК), фульвові (ФК) і гіматомеланові кислоти (ГМК). Гумінові кислоти відділяють від інших компонентів лужної витяжки шляхом підкислення її до рН 1—2. У кислому середовищі ГК і ГМК випадають в осад. У розчині залишаються ФК. З одержаного осаду мож-

на виділити ГМК, що розчиняються за їх обробки етанолом, утворюючи вишнево-червоний розчин. Їх зазвичай включають в групу ГК [3].

Залежно від лугу, яким здійснювали екстракцію гумінових кислот, виділяють гумати калію, натрію або амонію. У рослинництві найбільше поширенні гумати калію. Це пов'язано з впливом калію на транспірацію рослин, оптимізацію водного балансу рослин за рахунок регулювання поглинання вологи з ґрунту через кореневу систему, що підвищує посухостійкість рослин. Натрієві гумати здебільшого використовують як кормові добавки в тваринництві та рослинництві.

Гумусові речовини впливають на рослину прямо або опосередковано.

Непрямий ефект пов'язаний з поліпшенням водно-фізичних властивостей ґрунту, активізацією мікрофлори, впливом на міграцію поживних елементів, підвищенням коефіцієнта використання мінеральних добрив, зв'язуванням токсичних агентів (пестицидів, важких металів та ін.).

Гумусові речовини мають пряму глибоку й різнобічну дію на процеси росту рослин, тобто здійснюють їх