

УДК 631.8:633.11

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ
ПРОГНОЗУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ

БОГДАНЕЦЬ В.А., аспірант*

*Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, академік УААН

М.М. Городній

Національний аграрний університет

На основі проведених досліджень розроблені математичні моделі, що дозволяють прогнозувати урожайність пшениці ярої за вмістом мінерального азоту в орному шарі ґрунту та за вмістом азоту в рослинах пшениці ярої сорту Миронівська яра у фазу кущення при вирощуванні на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті Правобережного Лісостепу України.

Пшениця яра, добрива, урожай зерна, азот, модель.

Поширеною є тенденція застосування моделей для передбачення поведінки компонентів агроєкосистем, у тому числі вирощування та удобрення пшениці: існують як розробки, застосовні до конкретних культур та умов вирощування [2, 6], так і теоретичні праці, де висвітлено загальні підходи до прогнозування і моделювання у агробіологічних дослідженнях [1, 3]. Для прогнозування урожайності пшениці ярої на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті Правобережного Лісостепу цей підхід застосовано уперше.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження проводилися в 2005-2006 рр. у стаціонарному польовому досліді кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О. І. Душечкіна Національного аграрного університету у 10-пільній зернобуряковій сівозміні при вирощуванні пшениці ярої сорту Миронівська яра із використанням польового,

лабораторного та статистичного методів досліджень, загальноприйнятих в агрохімії.

Вміст нітратного азоту визначали іонометрично (ГОСТ 26950-86), обмінного амонійного азоту фотоколориметрично (ГОСТ 26489-85), азоту в рослинах – фотоколориметрично з реактивом Неслера. Статистична обробка результатів проведена з використанням програм Excel та Agrostat.

Тривалий польовий стаціонарний дослід закладено у 1956 р., а зерно-бурякова сівозміна була освоєна в 1956-1958 рр. Попередник пшениці – горох. Агротехніка вирощування – загальноприйнята для зони Лісостепу. Насиченість сівозміни добривами становить 12 т/га гною, 238 кг/га N, P₂O₅, K₂O за одинарної норми та 352 кг/га N, P₂O₅, K₂O за полуторної норми мінеральних добрив. Площа облікової ділянки – 100 м², посівної – 175 м². Мінеральні добрива – аміачну селітру (ГОСТ 2-85), суперфосфат простий гранульований (ГОСТ 5956-78), калій хлористий (ГОСТ 4568-95) – вносили відповідно до схеми дослідження під основний обробіток ґрунту восени. Врожай збирали в третій декаді липня – першій декаді серпня у фазі повної стиглості.

Ґрунт дослідної ділянки – лучно-чорноземний карбонатний грубопилувато-легкосуглинковий, характеризується середнім вмістом гумусу в орному шарі (4,2 %) та середнім рівнем забезпечення азотом, фосфором і низьким – калієм; має слабколужну реакцію – рН 8,1; ємність катіонного обміну становить 32,7 мг-екв/100 г ґрунту. У роки досліджень в середньому випала достатня кількість опадів упродовж року порівняно з багаторічними даними (ГТК за період вегетації становив 1,24 у 2005 р. та 1,38 у 2006 р.), що дає змогу порівнювати отримані результати та застосувати рівняння регресії у цих умовах незалежно від років дослідження.

Результати досліджень. Отримані результати (табл.1) показують, що систематичне довготривале застосування добрив позитивно вплинуло на

зростання врожаю зерна пшениці ярої; застосування добрив дозволило збільшити врожайність практично удвічі.

1. Вплив довготривалого застосування добрив на врожайність пшениці ярої, т/га

Варіант	Урожайність, середнє за 2005-2006рр.	Урожайність, 2005р.	Відхилення урожайності 2005 р. від середнього за 2005-2006рр., %	Урожайність, 2006р.	Відхилення урожайності 2006р. від 2005р., %
Без добрив (контроль)	2,26	2,10	-7,08	2,42	-15,24
Післядія 12 т гною /га сівозміни (фон)	2,76	2,56	-7,25	2,96	-15,63
Фон + P ₈₀	2,91	2,83	-2,75	2,99	-5,65
Фон + P ₈₀ K ₈₀	3,05	3,25	6,56	2,85	12,31
Фон + N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	4,23	3,76	-11,11	4,7	-25,00
Фон+N ₁₁₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,45	4,25	-4,49	4,65	-9,41
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	4,03	3,99	-0,99	4,07	-2,01
НІР ₀₅ , т/га		0,14		0,12	

У літературі [4, 5] відмічається, що саме забезпеченість рослин азотом у фазу кущення значною мірою визначає величину врожаю зерна пшениці. У наших дослідженнях найбільші коефіцієнти детермінації ($R^2 > 0,75$) цієї залежності спостерігалися також для фази кущення. Це і стало причиною вибору нами саме таких показників. Були побудовані математичні моделі – рівняння регресії, є собою лінійними залежностями між вмістом мінерального азоту (суми нітратного та амонійного азоту) в орному шарі ґрунту у фазу кущення і врожайністю пшениці ярої та між вмістом азоту в рослинах у фазу кущення та врожайністю (рис.1-4).

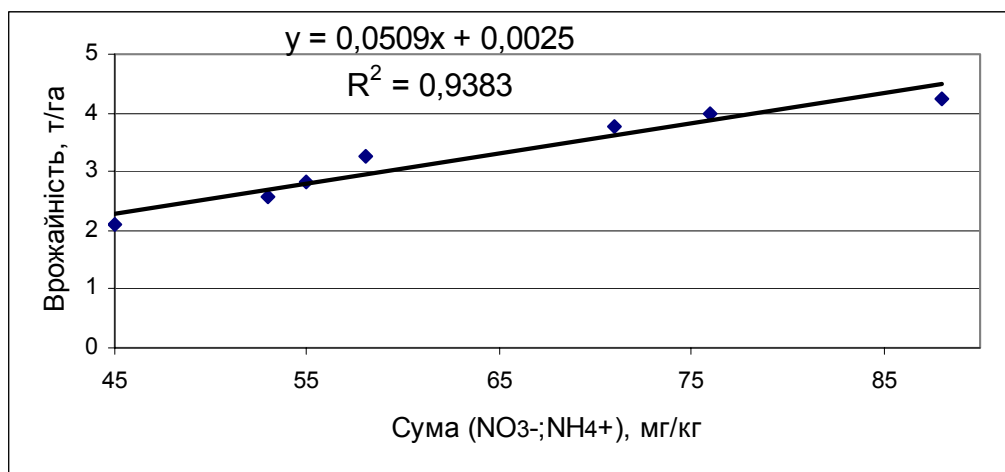


Рис.1. Залежність між вмістом мінерального азоту в орному шарі ґрунту та врожайністю пшениці ярої, 2005р.

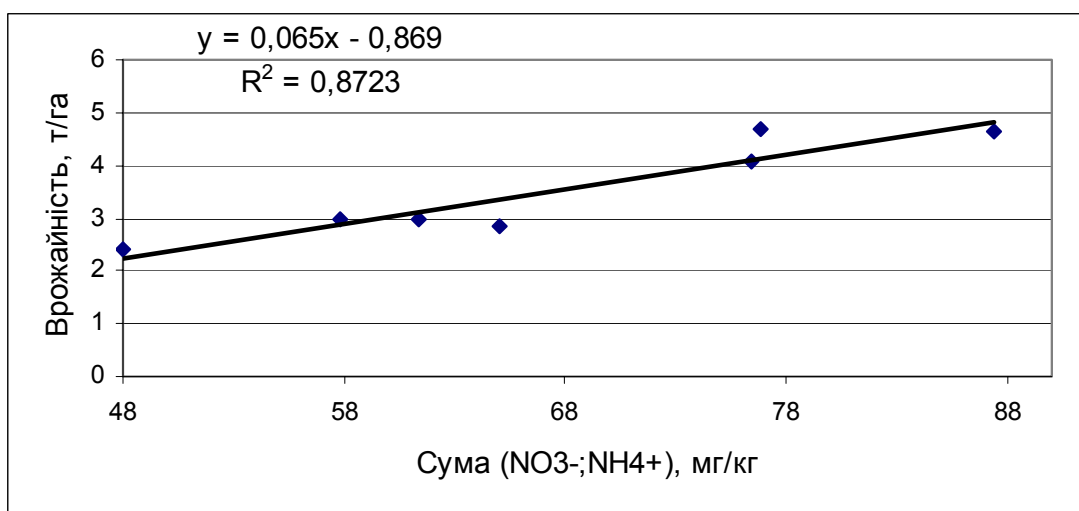


Рис.2. Залежність між вмістом мінерального азоту в орному шарі ґрунту у фазу куцнення та врожайністю пшениці ярої, 2006р.

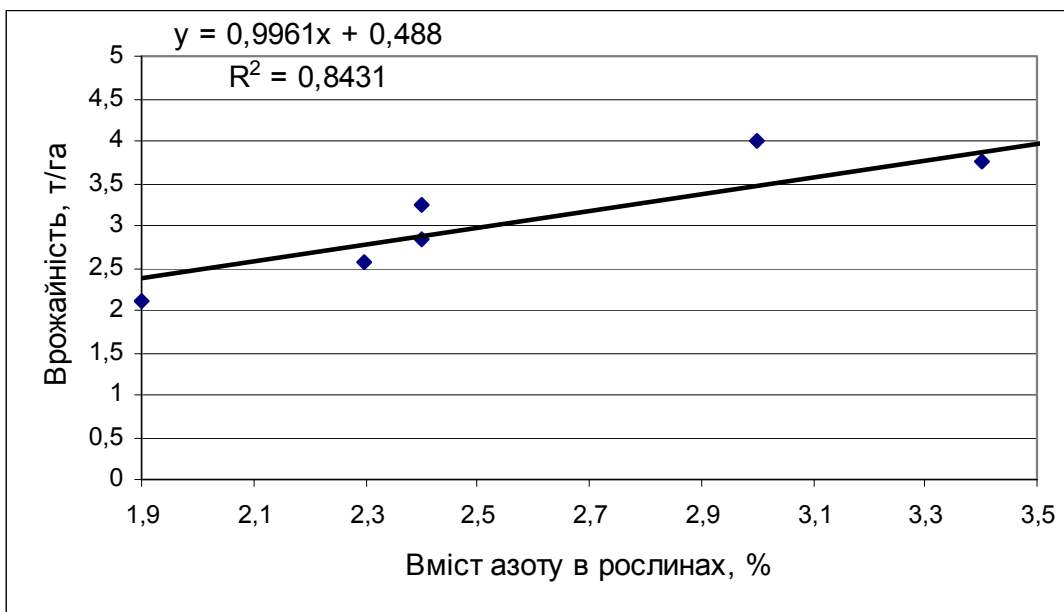


Рис.3. Залежність між вмістом азоту в рослинах у фазу куцнення та врожайністю пшениці ярої, 2005р.

У нашому випадку лінійна залежність є у цій області значень частковим випадком більш загальної криволінійної залежності типу «пряма і плато» або степеневі залежності.

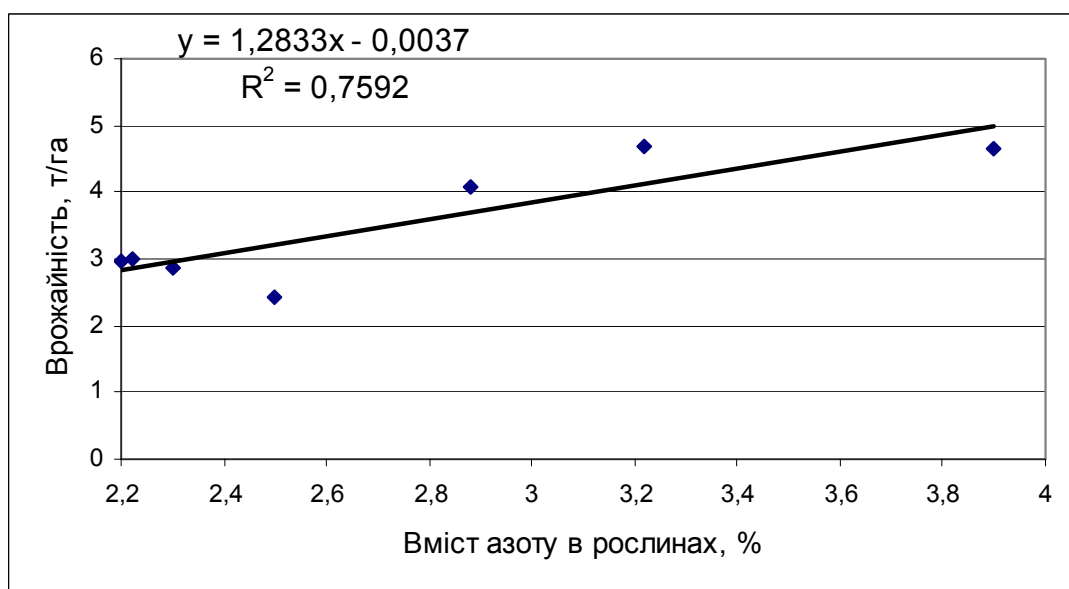


Рис.4. Залежність між вмістом азоту в рослинах у фазу куцнення та врожайністю пшениці ярої, 2006р.

Отримані рівняння регресії дозволяють прогнозувати врожайність пшениці ярої із задовільною точністю – відхилення прогнозованої

врожайності від фактичної склало 0,66-17,75% у моделі з розрахунком за вмістом мінерального азоту у ґрунті та 1,72-32,42% у моделі з розрахунком за вмістом азоту в рослинах (табл. 2).

Для перевірки достовірності отриманої моделі нами за допомогою програми Agrostat був проведений парний кореляційний аналіз даних та розраховані коефіцієнти кореляції. У моделі для розрахунку прогнозованої врожайності за вмістом мінерального азоту в орному шарі ґрунту у фазу кушення залежність була адекватною на 95 % та на 99 % рівні істотності, коефіцієнти кореляції склали 0,969 у 2005 р. та 0,934 у 2006 р. У моделі для розрахунку прогнозованої врожайності за вмістом азоту в рослинах у фазі кушення залежність була адекватною на 95 % рівні істотності; коефіцієнти кореляції становили 0,918 у 2005 р. і 0,871 у 2006 р.

2. Фактична та прогнозована врожайність пшениці ярої, т/га

Варіант	Урожайність фактична у 2005р.	Урожайність прогнозована за вмістом Nмін. у орному шарі ґрунту	Відхилення від фактичної, %	Урожайність прогнозована за вмістом N в рослинах у фазу кущення	Відхилення від фактичної, %
2005 р.					
Без добрив (контроль)	2,1	2,29	-9,19	2,38	-13,36
Післядія 12 т гною /га сівозміни (фон)	2,56	2,70	-5,48	2,78	-8,56
Фон + P ₈₀	2,83	2,80	0,99	2,88	-1,72
Фон + P ₈₀ K ₈₀	3,25	2,96	9,09	2,88	11,43
Фон + N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	3,76	3,62	3,82	3,87	-3,05
Фон+N ₁₁₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,25	4,48	-5,45	4,47	-5,23
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	3,99	3,87	2,99	3,48	12,88
НІР ₀₅ , т/га	0,14				
2006 р.					
Без добрив (контроль)	2,42	2,25	6,98	3,21	-32,42
Післядія 12 т гною /га сівозміни (фон)	2,96	2,89	2,43	2,82	4,75
Фон + P ₈₀	2,99	3,12	-4,41	2,85	4,84
Фон + P ₈₀ K ₈₀	2,85	3,36	-17,75	2,95	-3,43
Фон + N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	4,7	4,12	12,28	4,13	12,16
Фон+N ₁₁₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,65	4,81	-3,48	5,00	-7,55
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	4,07	4,10	-0,66	3,69	9,28
НІР ₀₅ , т/га	0,12				

Для перевірки чи мають отримані рівняння універсальний характер, нами було проведено розрахунки прогнозованої врожайності за рівняннями, виведеними для іншого року (табл. 3-4). Відхилення від фактичної врожайності складало 0,52-16,77 % при розрахунку за вмістом мінерального азоту та 5,35-23,07 % при розрахунку за вмістом азоту в рослинах.

3. Фактична та прогнозована за рівнянням регресії для 2005р. урожайність пшениці ярої у 2006р., т/га

Варіант	Урожайність фактична, 2006р.	Урожайність прогнозована за вмістом Nмін. у орному шарі ґрунту	Відхилення від фактичної, %	Урожайність прогнозована за вмістом N в рослинах у фазу кушення	Відхилення від фактичної, %
Без добрив (контроль)	2,42	2,45	-1,06	2,98	-23,07
Післядія 12 т гною /га сівозміни (фон)	2,96	2,94	0,52	2,68	9,48
Фон + P ₈₀	2,99	3,13	-4,61	2,70	9,72
Фон + P ₈₀ K ₈₀	2,85	3,31	-16,18	2,78	2,49
Фон + N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	4,7	3,91	16,77	3,70	21,37
Фон+N ₁₁₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,65	4,45	4,28	4,37	5,96
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	4,07	3,89	4,39	3,36	17,52
НІР ₀₅ , т/га	0,12				

4. Фактична та прогнозована за рівнянням регресії для 2006р. урожайність пшениці ярої у 2005р., т/га

Варіант	Урожайність фактична у 2005р.	Урожайність прогнозована за вмістом Nмін. у орному шарі ґрунту	Відхилення від фактичної, %	Урожайність прогнозована за вмістом N в рослинах у фазу кушення	Відхилення від фактичної, %
Без добрив (контроль)	2,1	2,06	2,10	2,43	-15,93
Післядія 12 т гною /га сівозміни (фон)	2,56	2,58	-0,63	2,95	-15,15
Фон + P ₈₀	2,83	2,71	4,38	3,08	-8,70
Фон + P ₈₀ K ₈₀	3,25	2,90	10,74	3,08	5,35
Фон + N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	3,76	3,75	0,37	4,36	-15,94
Фон+N ₁₁₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,25	4,85	-14,14	5,13	-20,69
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	3,99	4,07	-2,03	3,85	3,60
НІР ₀₅ , т/га	0,14				

Таким чином, використання рівнянь регресії для прогнозу врожайності пшениці ярої при вирощуванні на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті в умовах Правобережного Лісостепу дозволяє

отримувати дані, близькі до фактичних. Це дає підстави рекомендувати визначення мінерального азоту в ґрунті у фазу кущення з метою прогнозування майбутньої врожайності пшениці ярої, що дало кращі результати, ніж розрахунок за вмістом азоту в рослинах. Слід зазначити, що застосування подібних залежностей має ряд обмежень: сорто-генетичні особливості, ґрунтова неоднорідність (мінімальна у стаціонарному довготривалому досліді), відмінності погодних умов різних років та упродовж року тощо.

ВИСНОВКИ

1. При систематичному довготривалому застосуванні добрив у зерно - буряковій сівозміні можливим є отримання стабільних врожаїв зерна пшениці ярої 4,0-4,5 т/га при удобренні $N_{80}P_{80}K_{80}$ та $N_{110}P_{120}K_{120}$ на фоні післядії 12 т гною/га сівозміні при вирощуванні на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті Правобережного Лісостепу.

2. Застосування рівнянь регресії, що враховують вміст мінерального азоту в орному шарі ґрунту у фазі кущення дає можливість прогнозувати врожайність із задовільною точністю – відхилення прогнозованої врожайності від фактичної становило 0,66-17,75%.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Вергунова І. М. Основи математичного моделювання для аналізу та прогнозу агрономічних процесів. – К.: Нора-прінт, 2000. – 146с.

2 Городній М. М., Макаренко М. В. Прогнозування врожаю зерна озимої пшениці за вмістом мінерального азоту в лучно-чорноземному карбонатному ґрунті північного Лісостепу України// Аграрна наука і освіта. – 2003. – Т. 4. – № 3-4. – С. 54-57.

3 Каюмов М. К. Справочник по программированию урожаев – М., Россельхозиздат, 1977.– 188с.

4 Минеев В. Г. Избранное: Сборник научных статей в 2-х частях. Агрохимия и качество пшеницы. Экологические проблемы и функции агрохимии. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 601с.

5 Оптимізація азотного живлення при інтенсивних технологіях/ Б. С. Носко, А. Я. Бука, К. П. Юрко, та ін.; За ред. Б. С. Носка, А. Я. Буки. – К.: Урожай, 1992.–136с.

6 Baker D. A., Young D. L., Huggins D. R., Pan W. L. Economically Optimal Nitrogen Fertilization for Yield and Protein in Hard Red Spring Wheat // Agron. J. – 2004. – V. 96. – P.116-123.
[http:// agron.scijournals.org/cgi/content /full /96 /1/116](http://agron.scijournals.org/cgi/content/full/96/1/116)

Использование математических моделей для прогнозирования урожайности пшеницы яровой

В.А. Богданец

На основании проведенных исследований разработаны математические модели, позволяющие прогнозировать урожайность зерна пшеницы яровой сорта Мироновская яровая по содержанию минерального азота в пахотном слое почвы и по содержанию азота в растениях в фазу кущения при выращивании на лугово-черноземной карбонатной почве Правобережной Лесостепи Украины.

Пшеница яровая, удобрения, урожай зерна, азот, модель.

Mathematic models application for prognosis of spring wheat yield.

V.A. Bogdanets.

On the basis of provided investigations mathematic models that allow to make a prognosis of grain yield of spring wheat (variety Myronivska yara) by content of mineral nitrogen in soil and by content of nitrogen in plant in bushing-out phase during cultivation on meadow-chnozem calcareous soil of the Right-bank Forest-steppe of Ukraine were worked out.

Spring wheat, fertilizers, grain yield, nitrogen, model.