


УДК 631.559:[631.526.3:633.111-021.4:631.8]

Урожайність і якість зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення в сівозміні

Сіліфонов Т.В. , Господаренко Г.М. , Любич В.В. ,Полянецька І.О. , Новіков В.В. 

Уманський національний університет садівництва

 Любич В.В. E-mail: LyubichV@gmail.com

Сіліфонов Т.В., Господаренко Г.М., Любич В.В., Полянецька І.О., Новіков В.В. Урожайність і якість зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення в сівозміні. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 2. С. 146–156.

Silifonov T., Hospodarenko H., Liubych V., Polianetska I., Novikov V. Yield and grain quality of maturing stages of soft winter wheat with different fertilizer systems in crop rotation. «Agrobiology», 2021. no. 2, pp. 146–156.

Рукопис отримано: 12.10.2021 р.

Прийнято: 27.10.2021 р.

Затверджено до друку: 09.12.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-146-156

У статті наведено результати вивчення формування врожайності та якості зерна (вміст білка, його вихід з урожаєм, вміст клейковини) різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення в сівозміні. Встановлено, що в середньому за два роки досліджень за вирощування сорту КВС Еміл урожайність зерна збільшувалась від 4,50 до 5,83 т/га, або в 1,3 раза за внесення N_{75} , і до 6,96 т/га, або в 1,5 раза у варіанті досліду з тривалим застосуванням 150 кг/га д. р. азотних добрив. Застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ збільшувало її до 6,43 т/га, або в 1,4 раза, а внесення повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – до 7,73 т/га, або в 1,7 раза. Варіанти з неповним поверненням у ґрунт винесеного з урожаюми фосфору і калію забезпечували формування на 1–3 % меншої врожайності порівняно з повним мінеральним добривом. Застосування повного мінерального добрива у сівозміні сприяло зростанню індексу стабільності формування врожаю зерна порівняно з варіантами без добрив, внесенням $P_{60}K_{80}$ і застосуванням лише азотних добрив. Урожайність пшениці м'якої озимої сорту Ріно була істотно меншою порівняно з сортом КВС Еміл. Крім цього, ефективність застосування добрив була нижчою. Так, у середньому за два роки досліджень на неудобрених ділянках вона становила 3,77 т/га. Варіант досліду із застосуванням максимальної дози мінеральних добрив як у сівозміні, так і під пшеницю озиму сприяв збільшенню врожайності в 1,5 раза, а за внесення половини цієї дози – у 1,2 раза порівняно з контролем. Застосування N_{75} підвищувало вміст білка в зерні сорту КВС Еміл до 12,3 %, або на 5 %, а внесення N_{150} – до 13,3 %, або на 14 % порівняно з варіантом без добрив (11,7 %). Застосування повного мінерального добрива забезпечувало підвищення цього показника на 8 % ($N_{75}P_{30}K_{40}$) і на 17 % ($N_{150}P_{60}K_{80}$). Вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої сорту Ріно був на 20–23 % вищим порівняно з сортом КВС Еміл. Застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив підвищувало його вміст до 15,4 %, або на 7 %, а внесення 150 кг/га д. р. – до 15,9 %, або на 10 % порівняно з варіантом без добрив. Застосування азотних добрив з фосфорними і калійними підвищувало вміст білка на 0,2–0,5 абс. % порівняно з внесенням лише азотних добрив. Індекс стабільності формування вмісту білка був високим за вирощування обох сортів – 1,02–1,06. В агротехнології пшениці м'якої озимої необхідно застосовувати 75–150 кг/га д. р. азотних добрив на тлі $P_{30}K_{40}$. Така система удобрення забезпечує вміст білка в зерні сорту КВС Еміл 13,2–13,8 %, вміст клейковини – 28,5–30,6 %, збір білка на рівні 965–1055 кг/га. У сорту Ріно відповідно 15,5–16,3 %, 34,5–35,8 % і 810–880 кг/га.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, сорт, системи удобрення, урожайність, вміст білка, вміст клейковини.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Вплив погодних умов вегетаційного періоду та особливості сорту мають вирішальне значення в стратегії системи удобрення пшениці м'якої озимої. Нині встановлено, що селекційно-генетичні особливості сорту пшениці м'якої озимої мають вищий вплив на формування продуктивності порівняно з погодними умовами. Підтверджено формування вищого вмісту білка в зерні пшениці м'якої озимої за посушливих погодних умов [1]. Крім цього, якість зерна – один із чинників, що визначає напрям його перероблення. Від вмісту клейковини залежать хлібопекарські та кондитерські властивості, а від вмісту білка – біологічна цінність готового продукту [2]. Використання добрив у виробництві продукції рослинництва зростатиме, оскільки збільшується населення. Прогнозують, що до 2100 року населення буде становити 11,2 мільярди людей [3].

Відомо, що ефективність застосування добрив залежить від типу ґрунту, його властивостей і поживного режиму, погодних умов вегетаційного періоду, реакції сорту тощо [4, 5]. Встановлено, що врожайність пшениці м'якої озимої за внесення 120 кг/га д. р. азотних добрив змінювалась від 7,3 до 9,4 т/га, а вміст білка – від 11,9 до 14,9 % залежно від погодних умов. Водночас чим більшою була врожайність зерна, тим нижче вміст білка [6]. Серед чинників, що впливають на врожайність, погодні умови – найбільша змінна, від якої залежить ефективність удобрення [7, 8].

Створення сортів пшениці з високою здатністю до накопичення азоту на початку вегетації та дефіцит вологи у період активного росту рослин дають можливість застосовувати високі дози азотних добрив одноразово [9]. Дослідження [10] підтверджують такий висновок. Крім цього, негативний вплив азотних добрив може проявлятися лише за умови високого вмісту азоту мінеральних сполук у ґрунті [11]. У середньому в економічно розвинених країнах доза азотних добрив в агротехнології пшениці зросла від 46,3 кг/га в 2002 р. до 61,2 кг/га в 2015 р. Валове виробництво зерна збільшилось відповідно від 592 до 737 млн т, а вміст білка – від 12,6 до 15,7 % [12]. Однак ряд учених відзначають можливість застосування вищих доз азотних добрив [13]. У дослідженнях R. P. Lollato та ін. [14] ефективним було застосування 100–150 кг/га д. р., а інших вчених [15] – 50–75 кг/га д. р. азотних добрив. Така різниця зумовлена різним забезпеченням ґрунту вологою. Однак дефіцит вологи не завжди зменшує продуктивність пшениці м'якої озимої. Внесення N_{60-80} забезпечує збільшення

врожайності та вмісту білка в зерні порівняно з неудобреними ділянками [16]. В умовах Правобережного Лісостепу України вчені рекомендують застосовувати не більш як 150 кг/га д. р. азотних добрив. У системі удобрення пшениці м'якої озимої частка азотних добрив має бути більшою вдвічі [17, 18]. Аналіз літератури свідчить про високу реакцію пшениці м'якої озимої на застосування азотних добрив. Рекомендована доза азотних добрив змінюється в дуже широкому діапазоні. Очевидно різні сорти мають специфічну реакцію на їх застосування. Однак зміни погодних умов і створення нових сортів зумовлюють необхідність детальнішого вивчення ефективності удобрення різних сортів пшениці м'якої озимої у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах з урахуванням систем удобрення в польовій сівозміні.

Мета дослідження – вивчення питання щодо формування врожайності та якості зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення в сівозміні.

Матеріал і методи дослідження. Експериментальну частину досліджень проведено в умовах Правобережного Лісостепу України у стаціонарному польовому досліді з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи, закладеному у 2011 році на дослідному полі Уманського НУС [19]. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя). Повторення досліді триразове. Площа облікової ділянки – 25 м². Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, pH_{KCl} – 5,7.

У варіанті досліді виробничого контролю ($N_{150}P_{60}K_{80}$) доза добрив розрахована за господарським винесенням основних елементів живлення культурами сівозміни. Схему досліді складено так, щоб за результатами проведених досліджень можна було визначити можливість зниження доз окремих видів мінеральних добрив і визначити оптимальне їх поєднання як у сівозміні, так і під окремі культури.

Схема застосування добрив у польовій сівозміні під пшеницю м'якої озиму (сорті Ріно – ранньостиглий, Еміл – пізньостиглий) містила такі варіанти: без добрив (контроль), N_{75} , $N_{150}P_{60}K_{80}$, $N_{150}K_{80}$, $N_{150}P_{60}$, $N_{75}P_{30}K_{40}$, $N_{150}P_{60}K_{80}$, $N_{150}P_{30}K_{40}$, $N_{150}P_{60}K_{40}$, $N_{150}P_{30}K_{80}$. Відповідно до схеми досліді фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивування та в під-

живлення. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебелиння) залишається на полі на доброиво.

Урожайність визначали подільською прямим комбайнуванням, вміст білка – за ДСТУ 4117:2007, вміст клейковини – за ДСТУ ISO 21415–1:2009. Групування коефіцієнта варіювання здійснювали за такими градаціями: 0–10 % – незначне, 10–20 – невелике, 20–40 – середнє, 40–60 – велике, ≥ 60 % – дуже велике. Статистичне оброблення даних здійснювали методом двофакторного дисперсійного аналізу польового дослідю. Індекс стабільності визначали за такою формулою:

$$SE = \frac{HE}{LE},$$

де HE – найбільший прояв ознаки;

LE – найменший прояв ознаки.

Результати дослідження та обговорення. Дослідження свідчать, що врожайність пшениці м'якої озимої істотно змінювалася залежно від удобрення і сорту (табл. 1). Так, найбільшою вона була за вирощування обох сортів за внесення повного мінерального добрива. Однак системи удобрення в сівозміні мали різну ефективність. У середньому за два роки проведення досліджень за вирощування сорту КВС Еміл урожайність зерна збільшувалась від 4,50 до 5,83 т/га, або в 1,3 раза за внесення N_{75} , і до 6,96 т/га, або в 1,5 раза у варіанті дослідю з тривалим застосуванням 150 кг/га д. р. азотних добрив. Застосування $N_{75}P_{30}K_{40}$ збільшувало її до 6,43 т/га, або в 1,4 раза, а внесення повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – до 7,73 т/га, або в 1,7 раза. Слід відзначити, що ефективність фосфорних і калійних добрив зростала з поліпшенням умов азотного живлення рослин. Так, у варіантах

Таблиця 1 – Урожайність зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої та її стабільність залежно від систем удобрення, т/га

Варіант дослідю (чинник А)	Рік дослідження		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
Сорт КВС Еміл (чинник В)				
Без добрив (контроль)	4,05	4,94	4,50	1,22
N_{75}	5,27	6,39	5,83	1,21
N_{150}	6,33	7,58	6,96	1,20
$P_{60}K_{80}$	4,37	5,48	4,93	1,25
$N_{150}K_{80}$	6,98	7,72	7,35	1,11
$N_{150}P_{60}$	7,05	7,87	7,46	1,12
$N_{75}P_{30}K_{40}$	5,91	6,94	6,43	1,17
$N_{150}P_{60}K_{80}$	7,18	8,27	7,73	1,15
$N_{150}P_{30}K_{40}$	6,99	7,99	7,49	1,14
$N_{150}P_{60}K_{40}$	7,13	8,21	7,67	1,15
$N_{150}P_{30}K_{80}$	7,11	8,03	7,57	1,13
Сорт Ріно				
Без добрив (контроль)	3,31	4,23	3,77	1,28
N_{75}	3,72	4,74	4,23	1,27
N_{150}	4,09	5,07	4,58	1,24
$P_{60}K_{80}$	3,48	4,51	4,00	1,30
$N_{150}K_{80}$	4,47	5,46	4,97	1,22
$N_{150}P_{60}$	4,69	5,63	5,16	1,20
$N_{75}P_{30}K_{40}$	4,11	5,24	4,68	1,27
$N_{150}P_{60}K_{80}$	5,09	6,11	5,60	1,20
$N_{150}P_{30}K_{40}$	4,97	5,68	5,33	1,14
$N_{150}P_{60}K_{40}$	5,04	6,01	5,53	1,19
$N_{150}P_{30}K_{80}$	5,01	5,81	5,41	1,16
НІР ₀₅ за чинниками	А	0,15	0,18	–
	В	0,16	0,17	–
	АВ	0,32	0,36	–

досліді з внесенням 75–150 кг/га д. р. азотних добрив на тлі $P_{30-60}K_{40-80}$ врожайність зерна збільшувалась на 10 % порівняно із застосуванням цієї дози без фосфорних і калійних добрив. За впливом на врожайність пшениці м'якої озимої застосування $N_{150}K_{80}$ і $N_{150}P_{60}$ було майже однаковим. Варіанти досліді з неповним поверненням у ґрунт, винесеного з урожаєм фосфору і калію забезпечували формування на 1–3 % меншої врожайності порівняно з повною компенсацією їх винесення. Найменший приріст урожаю зерна (0,43 т/га) порівняно з абсолютним контролем отримано за тривалого застосування лише фосфорних і калійних добрив. На тлі повного мінерального добрива в сівозміні зростає індекс стабільності формування врожаю зерна порівняно з варіантами досліді без добрив, $P_{60}K_{80}$ і застосуванням лише азотних добрив.

Урожайність пшениці м'якої сорту Ріно була істотно меншою порівняно з сортом КВС Еміл. Крім цього, ефективність застосування добрив під нього була нижчою. Так, у середньому за три роки досліджень на неудообрених ділянках вона становила 3,77 т/га. Усі системи удобрення в сівозміні істотно збільшували урожайність зерна. Варіант досліді із застосуванням максимальної дози мінеральних добрив сприяв збільшенню врожайності в 1,5 раза, а внесення половини добрив – у 1,2 раза порівняно з контролем. Тенденція впливу тривалого застосування лише азотних добрив, парних комбінацій основних елементів живлення і неповного повернення фосфору і калію від винесення урожаєм була подібною за вирощування сорту КВС Еміл.

Урожайність зерна та ефективність систем удобрення значно змінювались залежно від погодних умов року дослідження. Так, у 2020 р. за період березень – червень випало 218,0 мм опадів, а в 2021 р. – 243,4 мм. Однак дефіцит вологи у ґрунті в осінньо-зимовий період затримував появу сходів до третьої декади січня 2020 р. Крім цього, на розвиток рослин пшениці м'якої озимої також негативно впливало тривале похолодання та весняні заморозки. Тому врожайність зерна в 2020 р. була меншою за вирощування обох сортів. Приріст урожайності зерна сорту КВС Еміл у 2020 р. становив 1,22–3,13 т/га залежно від системи удобрення, а в 2021 р. – 1,45–3,33 т/га. За вирощування сорту Ріно цей показник становив відповідно 0,41–1,78 і 0,51–1,88 т/га.

Найбільше на вміст білка впливало застосування азотних добрив (табл. 2). Внесення N_{75} підвищувало його вміст до 12,3 %, або на 5 %, а N_{150} – до 13,3 %, або на 14 % порівняно з варіантом без добрив (11,7 %). Застосування

повного мінерального добрива ($N_{75}P_{30}K_{40}$) забезпечувало підвищення цього показника на 8 і 17 % ($N_{150}P_{60}K_{80}$). Варіанти досліді з неповним поверненням винесеного з урожаєм фосфору і калію істотно не знижували вміст білка в зерні пшениці озимої сорту КВС Еміл.

Вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої сорту Ріно був на 20–23 % вищим порівняно з сортом КВС Еміл. Внесення 75 кг/га д. р. азотних добрив підвищувало вміст білка до 15,4 %, або на 7 %, а 150 кг/га д. р. – до 15,9 %, або на 10 % порівняно з варіантом без добрив. Застосування фосфорних і калійних добрив на тлі азотних підвищувало вміст білка на 0,2–0,5 абс. %. Слід відзначити, що індекс стабільності формування вмісту білка був високим за вирощування обох сортів – 1,02–1,06.

За більшої кількості опадів у 2021 р. у період достигання зерна (68,2 мм) порівняно з 2020 р. (49,7 мм) у зерні обох сортів пшениці м'якої озимої формувалася нижчий вміст білка.

Найбільший умовний збір білка забезпечувало застосування 150 кг/га д.р. азотних добрив на фосфорно-калійному тлі (табл. 3). За такого сценарію удобрення він становив 1010–1053 кг/га, або більше в 1,9–2,0 раза порівняно з варіантом без добрив (523 кг/га). Застосування N_{75} збільшувало його в 1,4 раза, а внесення N_{150} – у 1,8 раза. У варіанті досліді $P_{60}K_{80}$ збір білка був лише на 9 % вищим порівняно з контролем.

Достовірно менший збір білка отримано за вирощування пшениці м'якої озимої сорту Ріно – 540–917 кг/га. Водночас тенденція впливу систем удобрення була подібною до сорту КВС Еміл. Застосування азотних добрив підвищувало його в 1,2–1,7 раза залежно від варіанта досліді.

Незважаючи на формування вищого вмісту білка в зерні пшениці м'якої озимої в 2020 р., збір білка був вищим у 2021 р. Так, за вирощування сорту КВС Еміл цей показник був на 11–17 %, а в сорту Ріно – на 14–23 % вищим порівняно з 2020 р. Крім цього, стабільність збору білка зростає за внесення повного мінерального добрива.

У середньому за два роки досліджень вміст клейковини у зерні пшениці м'якої озимої сорту КВС Еміл зростає від 24,7 до 26,1 %, або на 6 % за внесення 75 кг/га д. р. азотних добрив, і до 28,7 %, або на 16 % за внесення N_{150} (табл. 4). У варіанті досліді з повним мінеральним добривом ($N_{75}P_{30}K_{40}$) її вміст зростає до 27,4 %, або на 11 %, а за подвійної дози добрив – до 29,8 %, або на 21 %. Неповне повернення в ґрунт винесених з урожаєм фосфору і калію з добривами істотно не знижувало вміст клейковини у зерні порівняно з повним мінераль-

Таблиця 2 – Вміст білка в зерні різностиглих сортів пшениці м'якої озимої та її стабільність залежно від систем удобрення, %

Варіант досліджу (чинник А)	Рік дослідження		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
Сорт КВС Еміл (чинник В)				
Без добрив (контроль)	11,9	11,4	11,7	1,04
N ₇₅	12,6	12,0	12,3	1,05
N ₁₅₀	13,5	13,1	13,3	1,03
P ₆₀ K ₈₀	11,8	11,3	11,6	1,04
N ₁₅₀ K ₈₀	13,7	13,3	13,5	1,03
N ₁₅₀ P ₆₀	13,8	13,3	13,6	1,04
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	12,7	12,5	12,6	1,02
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	13,9	13,4	13,7	1,04
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	13,8	13,2	13,5	1,05
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	13,9	13,4	13,7	1,04
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	13,8	13,3	13,6	1,04
Сорт Ріно				
Без добрив (контроль)	14,6	14,1	14,4	1,04
N ₇₅	15,8	15,0	15,4	1,05
N ₁₅₀	16,3	15,5	15,9	1,05
P ₆₀ K ₈₀	14,9	14,1	14,5	1,06
N ₁₅₀ K ₈₀	16,5	15,6	16,1	1,06
N ₁₅₀ P ₆₀	16,4	15,7	16,1	1,04
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	16,0	15,2	15,6	1,05
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	16,8	16,0	16,4	1,05
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	16,3	15,5	15,9	1,05
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	16,8	16,0	16,4	1,05
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	16,8	15,8	16,3	1,06
НІР ₀₅ за чинниками	А	0,3	0,2	–
	В	0,5	0,4	–
	АВ	0,8	0,7	–

ним добривом. Водночас індекс стабільності її вмісту зростає від 1,16 у варіанті без добрив до 1,03–1,13 залежно від системи удобрення. Вміст клейковини у зерні сорту Ріно був істотно вищим порівняно з сортом КВС Еміл, і у середньому за два роки досліджень зростає на 9 % за внесення N₇₅ і на 11 % у варіанті досліджу N₁₅₀. У варіанті з повним мінеральним добривом вміст клейковини був 36,4 %, а індекс стабільності був вищим порівняно з сортом КВС Еміл – 1,02–1,06.

Вміст клейковини у зерні сорту КВС Еміл за сприятливіших погодних умов 2020 р. становив 26,5–30,9 %, а в 2021 р. – 22,8–28,9 %. У зерні сорту Ріно її вміст був відповідно 32,3–37,2 і 30,8–35,6 % залежно від варіанта досліджу.

Для пшениці дуже високим вважається вміст клейковини > 36 %, високим – 31–36, середнім – 26–31, низьким – 21–26 і дуже низьким < 21 % [7]. Отже, в 2020 р. вміст клейковини у зерні сорту КВС Еміл у всіх варіантах досліджу був середнім. У 2021 р. у варіантах без добрив,

Таблиця 3 – Умовний збір білка з урожаю зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої та його стабільність залежно від систем удобрення, кг/га

Варіант досліджу (чинник А)	Рік дослідження		Середнє за два роки	Індекс стабільності	
	2020	2021			
Сорт КВС Еміл (чинник В)					
Без добрив (контроль)	482	563	523	1,17	
N ₇₅	664	767	716	1,16	
N ₁₅₀	855	993	924	1,16	
P ₆₀ K ₈₀	516	619	568	1,20	
N ₁₅₀ K ₈₀	956	1027	992	1,07	
N ₁₅₀ P ₆₀	973	1047	1010	1,08	
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	751	868	810	1,16	
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	998	1108	1053	1,11	
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	965	1055	1010	1,09	
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	991	1100	1046	1,11	
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	981	1068	1025	1,09	
Сорт Ріно					
Без добрив (контроль)	483	596	540	1,23	
N ₇₅	588	711	650	1,21	
N ₁₅₀	667	786	727	1,18	
P ₆₀ K ₈₀	519	636	578	1,23	
N ₁₅₀ K ₈₀	738	852	795	1,15	
N ₁₅₀ P ₆₀	769	884	827	1,15	
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	658	796	727	1,21	
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	855	978	917	1,14	
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	810	880	845	1,09	
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	847	962	905	1,14	
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	842	918	880	1,09	
НІР ₀₅ за чинниками	А	21	24	–	–
	В	18	20	–	–
	АВ	40	45	–	–

із застосування 75 кг/га д. р. азотних добрив, P₆₀K₈₀ вміст клейковини у зерні був низьким, а в решті варіантів досліджу – середнім. У сорту Ріно в 2020 р. у варіантах без добрив, з внесенням 75–150 кг/га д. р. азотних добрив і P₆₀K₈₀ її вміст був високим, а в решті варіантах – дуже високим. У 2021 р. цей показник у варіанті без добрив і P₆₀K₈₀ був середнім, а за решти систем удобрення – високим.

Слід відзначити, що в сорту КВС Еміл відношення вмісту клейковини до білка змінюва-

лось залежно від року дослідження. У 2020 р. воно було в межах 2,19–2,23, а в 2021 р. – від 2,00 до 2,16 залежно від системи удобрення. Застосування азотних добрив на фосфорно-калійному тлі сприяло зростанню цього відношення. Очевидно, що поліпшення мінерального живлення рослин сприяє синтезу клейковиноутворювальних білків. Відношення клейковини до білка в зерні сорту Ріно майже не змінювалось від досліджених чинників і становило 2,18–2,25 залежно від варіанта досліджу.

Таблиця 4 – Вміст клейковини у зерні різностиглих сортів пшениці м'якої озимої та її стабільність залежно від систем удобрення, %

Варіант досліджу (чинник А)	Рік дослідження		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
Сорт КВС Еміл (чинник В)				
Без добрив (контроль)	26,5	22,8	24,7	1,16
N ₇₅	27,6	24,5	26,1	1,13
N ₁₅₀	29,9	27,4	28,7	1,09
P ₆₀ K ₈₀	26,2	22,5	24,4	1,16
N ₁₅₀ K ₈₀	30,3	28,2	29,3	1,07
N ₁₅₀ P ₆₀	30,5	28,5	29,5	1,07
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	27,8	26,9	27,4	1,03
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	30,7	28,9	29,8	1,06
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	30,6	28,5	29,6	1,07
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	30,9	28,6	29,8	1,08
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	30,8	28,3	29,6	1,09
Сорт Ріно				
Без добрив (контроль)	32,3	30,8	31,6	1,05
N ₇₅	34,9	33,7	34,3	1,04
N ₁₅₀	35,8	34,3	35,1	1,04
P ₆₀ K ₈₀	32,9	30,9	31,9	1,06
N ₁₅₀ K ₈₀	36,4	34,5	35,5	1,06
N ₁₅₀ P ₆₀	36,3	34,1	35,2	1,06
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	35,1	34,3	33,7	1,02
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	37,2	35,6	36,4	1,04
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	35,8	34,5	35,2	1,04
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	37,3	35,7	36,3	1,04
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	37,4	35,5	36,5	1,05
НІР ₀₅ за чинниками	A	0,8	0,7	–
	B	0,9	0,9	–
	AB	1,8	1,7	–

Результати проведених досліджень довели, що між вмістом білка та клейковини у зерні пшениці м'якої озимої існує дуже високий кореляційний зв'язок (рис. 1). У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

$$y = 2,7994x - 8,2999 \text{ для сорту КВС Еміл,}$$

$$y = 2,2545x - 0,6397 \text{ для сорту Ріно,}$$

де y – вміст білка, %;

x – вміст клейковини, %.

Відомо [21], що пшениця – азотofільна культура. Тому поліпшення азотного живлення пшениці м'якої озимої після попередника соя сприяло збільшенню врожайності та поліпшенню якості зерна. Поліпшення азотного живлення водночас сприяє засвоєнню фосфору та калію добрив [21]. Отже, застосування повного мінерального добрива забезпечувало підвищення продуктивності цієї культури. Сорт КВС Еміл мав довший вегетаційний період,

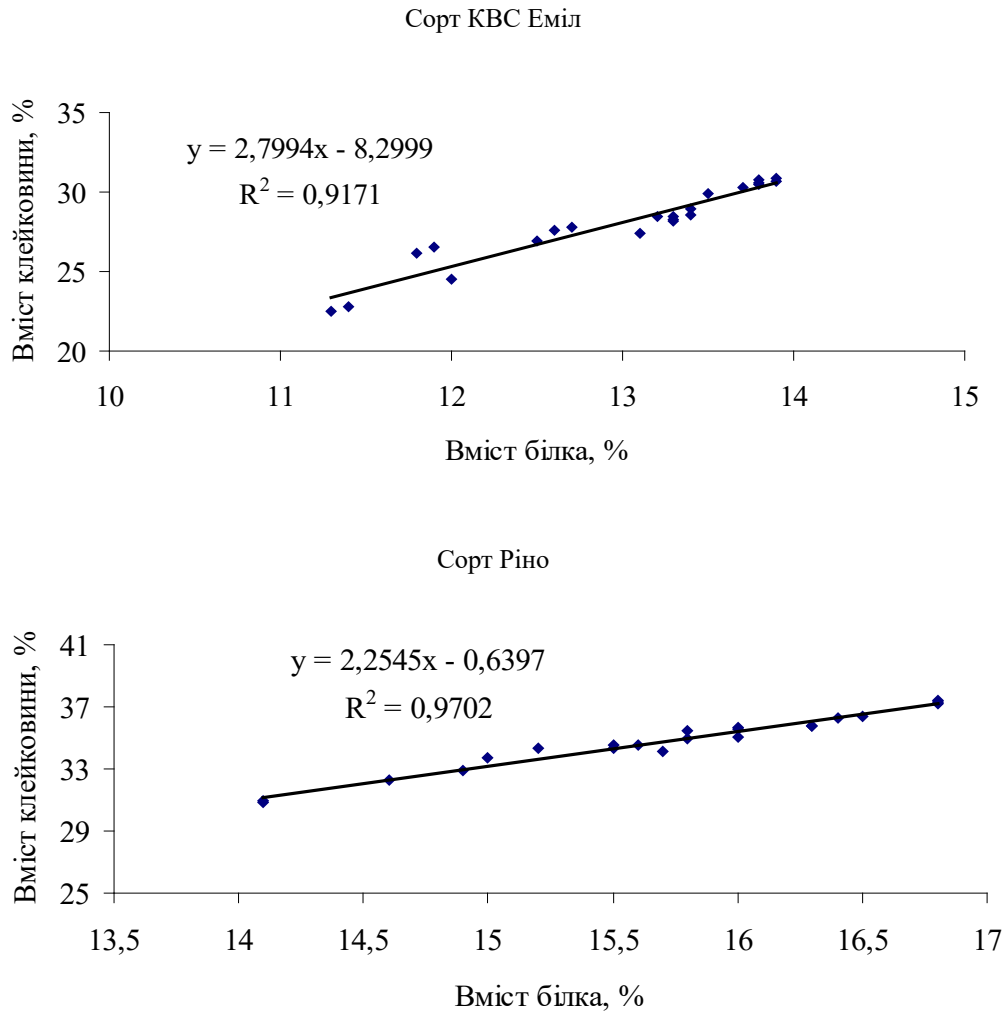


Рис. 1. Кореляційна залежність між вмістом білка та клейковини у зерні різностиглих сортів пшениці м'якої озимої.

тому краще реагував на застосування добрив. Сорт Ріно мав нижчу реакцію, оскільки ранньостиглий. Однак за більшої урожайності зерна у сорту КВС Еміл формувалася нижчий вміст білка порівняно з сортом Ріно, що зумовлено ефектом розбавлення.

Висновки. Ефективність удобрення пшениці м'якої озимої змінюється залежно від особливостей сорту та погодних умов. Пшениця м'яка озима сорту КВС Еміл має високу реакцію на застосування високих доз азотних добрив і формує урожайність на рівні 6,96–7,73 т/га

залежно від варіанта дослідження. У сорту Ріно врожайність збільшується лише до 4,23–5,60 т/га. В агротехнології пшениці м'якої озимої необхідно застосовувати 75–150 кг/га д. р. азотних добрив на тлі $P_{30}K_{40}$. Така система удобрення забезпечує вміст в зерні сорту КВС Еміл білка 13,2–13,8 % і клейковини – 28,5–30,6 %, збір білка на рівні 965–1055 кг/га. У сорту Ріно ці показники відповідно становлять 15,5–16,3 %, 34,5–35,8 % і 810–880 кг/га. Крім цього, вирощування пшениці м'якої озимої сорту Ріно дає змогу раніше почати збирання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Miroshnichenko M., Zvonar A., Pachev I. Micronutrients consumption in different varieties of winter wheat in contrast weather conditions. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*. 2020. № 23 (3). P. 64–79.
2. Любич В.В. Сучасні досягнення круп'яного виробництва. *Вісник Уманського НУС*. 2021. №1. С. 78–82.
3. World population stabilization unlikely this century / Gerland P. et al. *Science*. 2014. Vol. 346. P. 234–237. DOI: 10.1126/science.1257469
4. Пшениця спельта / Господаренко Г.М. та ін.; за заг. ред. Г.М. Господаренка. К.: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 312 с.

5. Effects of nitrogen split application on seasonal N₂O emissions in southeast Norway / Russenes A.L. et al. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2019. Vol. 115(1). P. 41–56. DOI: 10.1007/s10705-019-10009-0

6. Is it necessary to split nitrogen fertilization for winter wheat? On-farm research on Luvisols in South-West Germany / Schulz R. et al. *The Journal of Agricultural Science*. 2015. Vol. 153(4). P. 575–587. DOI: 10.1017/S0021859615000684

7. Effects of nitrogen application rate and irrigation regime on growth, yield, and water-nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China Plain / Si Z. et al. *Agricultural Water Management*. 2020. Vol. 231. P. 106–112. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106002

8. Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and grain nitrogen concentration in wheat cultivars / Gaju O. et al. *Field Crops Research*. 2014. Vol. 155. P. 213–223. DOI: 10.1016/j.fcr.2013.09.003

9. Effect of nitrogen fertilizer application timing on nitrogen use efficiency and grain yield of winter wheat in Ireland / Efreteui A. et al. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 2016. Vol. 55(1). P. 63–73. DOI: 10.1515/ijafr-2016-0006

10. Applied use of growing degree days to refine optimum times for nitrogen stress sensing in winter wheat / Dhillon J.S. et al. *Agronomy Journal*. 2020. Vol. 112(1). P. 537–549. DOI: 10.1002/agj2.20007

11. Nitrogen management impact on winter wheat grain yield and estimated plant nitrogen loss / Dhillon J. et al. *Agronomy Journal*. 2019. Vol. 112(1). P. 564–577. DOI: 10.1002/agj2.20107

12. World cereal nitrogen use efficiency trends: Review and current knowledge / Omara P. et al. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2019. Vol. 2(1). P. 180–195. DOI: 10.2134/age2018.10.0045

13. Optimizing nitrogen input by balancing winter wheat yield and residual nitrate-N in soil in a long-term dryland field experiment in the Loess Plateau of China / Dai J. et al. *Field Crops Research*. 2015. Vol. 181. P. 32–41. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.06.014

14. Wheat grain yield and grain-nitrogen relationships as affected by N, P, and K fertilization: A synthesis of long-term experiments / Lollato R.P. et al. *Field Crops Research*. 2019. Vol. 236. P. 42–57. DOI: 10.1016/j.fcr.2019.03.005

15. Variable water cycles have a greater impact on wheat growth and soil nitrogen response than constant watering / Cousins O.H. et al. *Plant Science*. 2020. Vol. 290. P. 110–126. DOI: 10.1016/j.plantsci.2019.05.009

16. Development of an in-season estimate of yield potential utilizing optical crop sensors and soil moisture data for winter wheat / Bushong J.T. et al. *Precision Agriculture*. 2016. Vol. 17(4). P. 451–469. DOI: 10.1007/s11119-016-9430-4

17. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив пшеницею озимую на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу / Господаренко Г.М. та ін. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3 (107). С. 35–44.

18. Вплив мінеральних добрив на якість зерна пшениці озимої на чорноземі типовому Лісостепу Лівобережного високого / Лісовий М.В. та ін. *Агротехніка і ґрунтознавство*. 2021. Вип. 91. С. 59–63.

19. Стационарні польові дослідження України: Реєстр агестатів. Київ: Аграрна наука, 2014. 146 с.

20. Любич В.В. Вплив абіотичних та біотичних чинників на продуктивність сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник Полтавської ДАА*. 2017. №3. С. 18–24.

21. Raun W.R., Solie J.B., Stone M.L. Independence of yield potential and crop nitrogen response. *Precision Agriculture*. 2011. Vol. 12(4). P. 508–518. DOI: 10.1007/s11119-010-9196-z

REFERENCES

1. Miroshnichenko, M., Zvonar, A., Pachev, I. (2020). Micronutrients consumption in different varieties of winter wheat in contrast weather conditions. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*. Vol. 23 (3), pp. 64–79.

2. Liubych, V.V. (2021). Suchasni dosjagnennja krup'janogo vyrobnytva [Modern achievements of cereal production]. *Visnyk Umanskoho NUS [Bulletin of Uman NUS]*, no. 1, pp. 78–82.

3. Gerland, P., Raftery, A.E., Ševčíková, H., Li, N., Gu, D., Spoorenberg, T., Alkema, L., Fosdick, B.K., Chunn, J., Lalic, N. (2014). World population stabilization unlikely this century. *Science*. Vol. 346, pp. 234–237. DOI: 10.1126/science.1257469

4. Hospodarenko, G.M., Kostogryz, V.P., Liubych, V.V. (2016). *Pshenyca spel'ta [Wheat spelt]*. Kyiv, SIK GROUP UKRAINE, 312 p.

5. Russenes, A.L., Korsaeath, A., Bakken, L.R., Dörsch, P. (2019). Effects of nitrogen split application on seasonal N₂O emissions in southeast Norway. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. Vol. 115(1), pp. 41–56. DOI: 10.1007/s10705-019-10009-0

6. Schulz, R., Makary, T., Hubert, S., Hartung, K., Gruber, S., Donath, S., Döhler, J., WEI, K., Ehrhart, E., Claupein, W. (2015). Is it necessary to split nitrogen fertilization for winter wheat? On-farm research on Luvisols in South-West Germany. *The Journal of Agricultural Science*. Vol. 153(4), pp. 575–587. DOI: 10.1017/S0021859615000684

7. Si, Z., Zain, M., Mehmood, F., Wang, G., Gao, Y., Duan, A. (2020). Effects of nitrogen application rate and irrigation regime on growth, yield, and water-nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China Plain. *Agricultural Water Management*. Vol. 231, pp. 106–112. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106002

8. Gaju, O., Allard, V., Martre, P., Le Gouis, J., Moreau, D., Bogard, M., Hubbart, S., Foulkes, M.J. (2014). Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and grain nitrogen concentration in wheat cultivars. *Field Crops Research*. Vol. 155, pp. 213–223. DOI: 10.1016/j.fcr.2013.09.003

9. Efreteui, A., Gooding, M., White, E., Spink, J., Hackett, R. (2016). Effect of nitrogen fertilizer application timing on nitrogen use efficiency and grain yield of winter wheat in Ireland. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. Vol. 55(1), pp. 63–73. DOI: 10.1515/ijafr-2016-0006

10. Dhillon, J.S., Figueiredo, B.M., Eickhoff, E.M., Raun, W.R. (2020). Applied use of growing degree days to refine optimum times for nitrogen stress sensing in winter wheat. *Agronomy Journal*. Vol. 112(1), pp. 537–549. DOI: 10.1002/agj2.20007

11. Dhillon, J., Eickhoff, E., Aula, L., Omara, P., Weymeyer, G., Nambi, E., Oyebiyi, F., Carpenter, T., Raun,

W. (2019). Nitrogen management impact on winter wheat grain yield and estimated plant nitrogen loss. *Agronomy Journal*. Vol. 112(1), pp. 564–577. DOI: 10.1002/agi2.20107

12. Omara, P., Aula, L., Oyebiyi, F., Raun, W.R. (2019). World cereal nitrogen use efficiency trends: Review and current knowledge. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. Vol. 2(1), pp. 180–195. DOI: 10.2134/age2018.10.0045

13. Dai, J., Wang, Z., Li, F., He, G., Wang, S., Li, Q., Cao, H., Luo, L., Zan, Y., Meng, X. (2015). Optimizing nitrogen input by balancing winter wheat yield and residual nitrate-N in soil in a long-term dryland field experiment in the Loess Plateau of China. *Field Crops Research*. Vol. 181, pp. 32–41. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.06.014

14. Lollato, R.P., Figueiredo, B.M., Dhillon, J.S., Arnall, D.B., Raun, W.R. (2019). Wheat grain yield and grain-nitrogen relationships as affected by N, P, and K fertilization: A synthesis of long-term experiments. *Field Crops Research*. Vol. 236, pp. 42–57. DOI: 10.1016/j.fcr.2019.03.005

15. Cousins, O.H., Garnett, T.P., Rasmussen, A., Mooney, S.J., Smernik, R.J., Brien, C.J., Cavagnaro, T.R. (2020). Variable water cycles have a greater impact on wheat growth and soil nitrogen response than constant watering. *Plant Science*. Vol. 290, pp. 110–136. DOI: 10.1016/j.plantsci.2019.05.009

16. Bushong, J.T., Mullock, J.L., Miller, E.C., Raun, W.R., Klatt, A.R., Arnall, D.B. (2016). Development of an in-season estimate of yield potential utilizing optical crop sensors and soil moisture data for winter wheat. *Precision Agriculture*. Vol. 17(4), pp. 451–469. DOI: 10.1007/s11119-016-9430-4

17. Hospodarenko, H.M., Chernov, O.D., Lyubich, V.V., Boyko, V.P. (2020). Zaslavennja osnovnyh elementiv zhyvlennja z gruntu j mineral'nyh dobryv pshenyceju ozymoju na chornozemi opidzolenomu Pravoberezhnogo Lisostepu [Assimilation of basic nutrients from soil and mineral fertilizers by winter wheat on chernozem podzolic of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Visnyk agrarnoyi nauky Prychornomor'ya [Ukrainian Black Sea region agrarian science]*. Vol. 3 (107), pp. 35–44.

18. Lisovy, M.V., Nikonenko, V.M., Karatsyuba, O.V., Slidenko, O.I., Shimel, V.V. (2021). Vplyv mineral'nyh dobryv na jakist' zerna pshenyци ozymoi' na chornozemi typovomu Lisostepu Livoberezhnogo vysokogo [Influence of mineral fertilizers on the quality of winter wheat grain on chernozem typical Forest-steppe of the Left Bank High]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo [Agrochemistry And Soil Science]*. Vol. 91, pp. 59–63.

19. Stacionarni pol'ovi doslidy Ukrainy: Rejestr atestativ [Stationary field experiments of Ukraine: Register of certificates]. Kyiv, Agrarian Science, 2014, 146 p.

20. Liubych, V.V. (2017). Vplyv abiotychnykh ta biotychnykh chynnykiv na produktyvnist' sortiv i linij pshenyци spel'ty [The influence of abiotic and biotic factors on the productivity of varieties and spelled wheat lines]. *Visnyk Poltavskoyi DAA [Bulletin of Poltava SAA]*, no. 3, pp. 18–24.

21. Raun, W.R., Solie, J.B., Stone, M.L. (2011). Independence of yield potential and crop nitrogen response. *Precision Agriculture*. Vol. 12(4), pp. 508–518. DOI: 10.1007/s11119-010-9196-z

Урожайность и качество зерна разноспелых сортов пшеницы мягкой озимой при различных системах удобрения в севообороте

Слифонов Т.В., Господаренко Г.Н., Любич В.В., Полянецкая И.О., Новиков В.В.

В статье приведены результаты изучения формирования урожайности и качества зерна (содержание белка, его выход с урожаем, содержание клейковины) разноспелых сортов пшеницы мягкой озимой при различных систем удобрения в севообороте. Установлено, что в среднем за два года исследований при выращивании сорта КВС Эмил урожайность зерна увеличивалась от 4,50 до 5,83 т/га, или в 1,3 раза при внесении N_{75} , и до 6,96 т/га, или в 1,5 раза в варианте опыта с длительным применением 150 кг/га д. в. азотных удобрений. Применение $N_{75}P_{30}K_{40}$ увеличивало ее до 6,43 т/га, или в 1,4 раза, а внесение полного минерального удобрения ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – до 7,73 т/га, или в 1,7 раза. Варианты с неполным возвратом в почву вынесенного с урожаем фосфора и калия обеспечивали формирование на 1–3 % меньшей урожайности по сравнению с полным минеральным удобрением. Применение полного минерального удобрения в севообороте способствовало увеличению индекса стабильности формирования урожая зерна по сравнению с вариантами без удобрений, внесением $P_{60}K_{80}$ и применением только азотных удобрений. Урожайность пшеницы мягкой озимой сорта Рино была существенно меньше по сравнению с сортом КВС Эмил. Кроме этого, эффективность применения удобрений была ниже. Так, в среднем за два года исследований на неудобренных участках она составляла 3,77 т/га. Вариант опыта с применением максимальной дозы минеральных удобрений как в севообороте, так и под пшеницу озимую способствовал увеличению урожайности в 1,5 раза, а при внесении половины этой дозы – в 1,2 раза по сравнению с контролем. Применение N_{75} повышало содержание белка в зерне сорта КВС Эмил до 12,3 %, или на 5 %, а внесение N_{150} – до 13,3 %, или на 14 % по сравнению с вариантом без удобрений (11,7 %). Применение полного минерального удобрения обеспечивало повышение этого показателя на 8 % ($N_{75}P_{30}K_{40}$) и на 17 % ($N_{150}P_{60}K_{80}$). Содержание белка в зерне пшеницы мягкой озимой сорта Рино было на 20–23 % выше по сравнению с сортом КВС Эмил. Применение 75 кг/га д. в. азотных удобрений повышало его содержание до 15,4 %, или на 7 %, а внесение 150 кг/га д. в. – до 15,9 %, или на 10 % по сравнению с вариантом без удобрений. Применение азотных удобрений с фосфорными и калийными повышало содержание белка на 0,2–0,5 абс. % по сравнению с внесением только азотных удобрений. Индекс стабильности формирования содержания белка был высоким при выращивании обоих сортов – 1,02–1,06. В агротехнологии пшеницы мягкой озимой необходимо применять 75–150 кг/га д. в. азотных удобрений на фоне $P_{30}K_{40}$. Такая система удобрения обеспечивает содержание белка в зерне сорта КВС Эмил 13,2–13,8 %, содержание клейковины – 28,5–30,6 %, сбор белка на уровне 965–1055 кг/га. У сорта Рино соответственно 15,5–16,3 %, 34,5–35,8 % и 810–80 кг/га.

Ключевые слова: пшеница мягкая озимая, сорт, системы удобрения, урожайность, содержание белка, содержание клейковины.

Yield and grain quality of maturing stages of soft winter wheat with different fertilizer systems in crop rotation
Silifonov T., Hospodarenko H., Liubych V., Polianetska I., Novikov V.

The article presents the results of studying the formation of yield and grain quality (protein content, its output with yield, gluten content) of maturing stages of soft winter wheat with different fertilizer systems in crop rotation. It was found that on average for two years of studying the cultivation of KVS Emil, grain yield increased from 4.50 to 5.83 t/ha or 1.3 times during the application of N_{75} and up to 6.96 t/ha, or 1.5 times in the variant of the experiment with long-term application of 150 kg ai/ha of nitrogen fertilizers. The application of $N_{75}P_{30}K_{40}$ increased it up to 6.43 t/ha or 1.4 times, and the application of complete fertilizer ($N_{150}P_{60}K_{80}$) increased it up to 7.73 t/ha, or 1.7 times. Variants with incomplete return to the soil, removed with crops of phosphorus and potassium provided the formation of 1–3 % lower yield compared to complete fertilizer. The use of complete fertilizer in crop rotation contributed to the growth of the stability index of grain yield formation compared to the options without fertilizers, the application of $P_{60}K_{80}$ and the use of only nitrogen fertilizers. The yield of Rino soft wheat was significantly lower than that of KVS Emil. In addition, the efficiency of fertilizer application was lower. Thus, on average for two years of research on unfertilized areas, it was 3.77 t/ha. The variant of the experiment with the use of the maximum dose of mineral fertilizers both in

the crop rotation and in winter wheat contributed to an increase in yield by 1.5 times, and during the application of half of this dose – by 1.2 times in comparison with the control. The use of N_{75} increased the protein content in the KVS Emil grain up to 12.3 % or 5 %, and the application of N_{150} increased it up to 13.3 %, or 14 % compared to the option without fertilizers (11.7 %). The use of complete fertilizer provided an increase of this indicator by 8 % ($N_{75}P_{30}K_{40}$) and by 17 % ($N_{150}P_{60}K_{80}$). The protein content of Rino soft winter wheat was 20–23 % higher than that of KVS Emil. The application of 75 kg ai/ha of nitrogen fertilizers increased its content up to 15.4 % or 7 %, and the application of 150 kg ai/ha of nitrogen increased the protein content up to 15.9 % or 10 % compared to the option without fertilizers. The use of nitrogen fertilizers with phosphorus and potassium fertilizers increased the protein content by 0.2–0.5 % compared to the application of nitrogen fertilizers only. The stability index of protein content formation was high for growing both varieties – 1.02–1.06. In the agrotechnology of soft winter wheat, it is necessary to apply 75–150 kg ai/ha of nitrogen fertilizers against the background of $P_{30}K_{40}$. This fertilizer system provides the 13.2–13.8 % protein content in the KVS Emil grain, the gluten content – 28.5–30.6 %, the protein collection at the level of 965–1055 kg/ha. For the Rino variety, respectively, 15.5–16.3 %, 34.5–35.8 % and 810–880 kg/ha.

Key words: soft winter wheat, variety, fertilizer systems, yield, protein content, gluten content.



Copyright: Сіліфонов Т.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Сіліфонов Т.В.
 Господаренко Г.М.
 Любич В.В.
 Полянецька І.О.
 Новіков В.В.

<https://orcid.org/0000-0003-3651-7151>
<https://orcid.org/0000-0002-6495-2647>
<https://orcid.org/0000-0003-4100-9063>
<https://orcid.org/0000-0002-5473-884X>
<https://orcid.org/0000-0003-3052-8407>