

ВПЛИВ ПОГОДНИХ УМОВ РОКУ ТА СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НА СПОЖИВАННЯ АЗОТУ ТА ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

А. М. Звонар, аспірант

Науковий керівник: д.б.н. Мірошниченко М.М.

Національний науковий центр

«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

У статті досліджено вплив двох факторів на якість зерна пшениці озимої – особливостей сорту та погодних умов року. Досліджено відмінності надходження азоту до зерна пшениці озимої різних сортів. Виявлено більший вплив генетичних особливостей сорту пшениці озимої, ніж погодних умов на накопичення азоту в зерні пшениці. Підтверджено залежність високої якості зерна пшениці від посушливих погодних умов. Такі сорти, як Арктіс та Панонікус показали більш сталі показники вмісту азоту, тому зерно цих сортів найбільш кондиційне.

Ключові слова: вміст азоту, пшениця озима, сортові особливості, вміст білка, погодні умови.

Постановка проблеми. Урожайність кращих сучасних сортів пшениці в сприятливих умовах сягає 10-тонної позначки. Поряд з цим, поліпшення якості українського зерна залишається актуальною проблемою, оскільки майже половина валового збору пшениці в Україні належить до групи Б згідно з ДСТУ 3768:2010 [1]. Серед нормативних показників якості, що регламентуються цим державним стандартом, особливе значення мають вміст білка та клейковини, оскільки вони обумовлюються не технологічними особливостями збирання, очищення та зберігання зерна, а формуються ще на етапі вирощування рослин пшениці озимої. Найбільш впливовими чинниками накопичення білка та клейковини у зерні є погодні умови вегетаційного періоду, генетичні особливості вирощуваних сортів пшениці та рівень азотного живлення рослин.

Проблема якості зерна тісно пов'язана із сучасними кліматичними змінами, що значно впливають на перебіг формування врожаю. За останні 30 років вчені зафіксували перевищення норм середньо багаторічних температур до 9°C. За даними вчених Інституту водних проблем і меліорації НААН (2015), сучасна площа напіваридної та аридної частини степової зони України збільшилася на 13% порівняно з минулими десятиріччями. [2]. Якщо нічого не зміниться в кращу сторону, то через 30 років вся територія України ризикує стати степовою зоною.

Відомо, що вміст білка в зерні та вміст клейковини спадкоємні і значною мірою залежать від сорту культури [3]. До Державного реєстру

сортів рослин придатних до поширення в Україні внесено майже 10000 сортів, з них сорти вітчизняної селекції становлять менше 50 відсотків, а темпи сортозаміни по головним культурам перевищують 85-90 відсотків [4]. Отже, в Україні вирощують багато сортів пшениці закордонної селекції, які не завжди добре адаптовані до наших умов, насамперед ті, що виведені в країнах з більш вологим кліматом (Німеччина, Канада тощо). Вирощування таких сортів у зоні ризикованого землеробства вимагає особливої технології, у першу чергу щодо мінерального живлення, оскільки за посушливих умов ефективність споживання азоту ґрунту та добрив різко зменшується [5]. На жаль, у літературі майже немає інформації щодо особливостей удобрення або відмінностей мінерального живлення нових іноземних сортів за більш посушливих умов зростання, і як це впливає на якість зерна.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Селекція пшениці озимої останніми десятиріччями була спрямована на підвищення врожайності, що не завжди супроводжується підвищенням якості її зерна. Однією з причин цього є те, що одночасний добір генотипів на продуктивність, якість та стійкість до біотичних і абіотичних чинників виявився складним завданням через наявні між ними зворотні кореляційні залежності. У технологічному відношенні підвищенню якості та продуктивності зерна пшениці озимої можна сприяти підбором адаптивних до місцевих умов сортів з відповідною системою удобрення [6-8].

Відомо, що врожайність і якість зернової продукції сильно негативно корелюють. Чи буде підвищуватися врожайність або вміст білка більшою мірою залежить від погодних умов під час різних етапів розвитку озимої пшениці (Йоханссон і ін. 2003) [9-10]. Зокрема, на формування білково-клейковинного комплексу зернівок пшениці значно впливають нерегульовані фактори – погодні умови у період наливу та дозрівання зерна, кількість опадів, температури та вологості повітря, інтенсивності сонячної радіації. Результати досліджень, які проводили в Литовському інституті сільського господарства, показали помітний вплив кліматично різних років на врожайність та якість сортів озимої пшениці (вміст білка та клейковини, якість клейковини). Коли умови вирощування були досить сухими та теплими (2006), порівняно з багаторічним середнім урожаєм, урожай зерна був найбільшим, але якість зерна була найкращою, а зерно більшості сортів озимої пшениці відповідало вимогам стандартів [11].

Встановлено, що в роки з високою температурою повітря та дефіцитом опадів білковість зерна пшениці підвищується через скорочення тривалості вегетаційного періоду та активізації переміщення пластичних, особливо азотистих, речовин у зерно [12]. Цей інтенсивний відтік азоту з вегетативних частин є наслідком руйнування білків цитоплазми. Високі температури призводять до зниження вологості ґрунту, а дефіцит води прискорює старіння листків, що зменшує асиміляцію вуглеводів та підсилює гідроліз білка в рослинах і сприяє відтоку продуктів гідролізу в зерно. Разом з тим, за надто високих денних температур (понад 30 °C) у поєднанні з суховіями і низькою вологістю ґрунту, якість зерна погіршується і формується щупле низьконатурне зерно [13]. Така ситуація спостерігалася у більшості областей України у 2019 році.

За оцінкою Г. П. Жемели, сприятливою для надходження пластичних речовин в зерно можна вважати помірну вологу (40-60 мм опадів на місяць) і досить теплу (16-22°C) погоду, проте найбільший приріст зерна спостерігається за денних температур 22-24 °C і тривалості сонячного сяяння 10-12 годин на добу [12]. Такі умови оптимальні також для накопичення білка і клейковини в зерні.

Не менш важливим для регулювання накопичення білка є збалансоване мінеральне живлення. У польовому експерименті, проведеному в Польщі, було виявлено вплив мінеральних добрив на збільшення вмісту білка і глютену в порівнянні з контрольними об'єктами [14]. Статистично значимі зв'язки були виявлені між вмістом в листках N, P, Mg, Zn і Mn у фазу розвитку ВВСН 31 і накопиченням в листі на початку стадії подовження стебла. Особливо важливе значення має

підживлення озимої пшениці після цвітіння азотом, що може підвищувати вміст білка без зниження врожайності [19-20].

За оптимізації живлення послаблюється негативний вплив погодно-кліматичних коливань на ріст і розвиток пшениці озимої та посилюється генетична спроможність нових сортів формувати краще за якістю зерно. Гамаюновою В. В. та ін. порівняно вміст клейковини та білка в зерні двох сортів пшениці озимої та виявлено помітне зростання цих показників від внесення мінеральних добрив на 10% [15]. Важливе значення має збалансованість удобрення, оскільки високе накопичення азоту негативно позначається на споживанні інших елементів живлення, особливо калію [16]. У свою чергу, нестача калію значно знижує стійкість рослин до посухи, що особливо помітно для генетично більш толерантних сортів, як експериментально доведено J. Wei et al [17]. Дослідження Yan Deng et al. доводять також наявність генотипової специфіки споживання фосфору у різних сортів пшениці озимої на морфологічному, фізіологічному та молекулярному рівні [18].

Таким чином, якщо загальні закономірності формування якості зерна пшениці озимої за різних погодних умов досліджені добре, то відомостей щодо реакції окремих сортів майже немає. Немає також і загальноприйнятої методики вивчення особливостей живлення різних сортів пшениці та врахування впливу на нього погодно-кліматичних умов. Через це сортова агротехніка вирощування пшениці озимої відносно удобрення та управління якістю зерна до цього часу залишається недостатньо опрацьованою.

Мета досліджень: вивчення особливостей споживання азоту рослинами пшениці озимої та формування показників якості зерна залежно від сорту і погодних умов зростання.

Методика та об'єкти дослідження. Досліджено 4 сорти пшениці озимої закордонної селекції – Арктик, Матрікс (Deutsche Saatveredelung AG, Німеччина), Панонікус (Saatzucht Donau, Австрія), Бодічек (RAGT Semences, Чехія). Усі сорти характеризуються високим потенціалом продуктивності, мають високу зимостійкість, добру стійкість до хвороб. Сорт Матрікс також відзначається як жаростійкий та адаптивний до будь-яких умов.

Дослідження проводили впродовж чотирьох років поспіль на двох об'єктах сортовипробування у лісостеповій зоні України. Зокрема, у 2016-2017 рр. вищезазначені сорти пшениці озимої досліджували на демонстраційно-дослідному полі НВФ «Урожай» (Черкаській області, Корсунь-Шевченківський район), де ґрунтовий покрив складають темно-сірі опідзолені ґрунти на лесі. Перший рік попередником пшениці був озимий ріпак, на другий рік – соя. Фоновим внесенням для

всіх сортів пшениці озимої у 2016 р було N₇₇ P₁₃ K₁₃., у 2017 році N₁₀₁.

У зв'язку з сильною посухою восени 2017 р., яка унеможливила посів озимих культур, подальші дослідження у 2018-2019 роках проводили на дослідному полі «ДГ «Елітне» Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН України, що знаходиться в Харківському районі, п/в Зернове, село Елітне. Ґрунт під дослідом – чорнозем типовий середньо-гумусний на лесовидному суглинку. Розміщення ділянок з різними сортами пшениці озимої рендомізоване, розміром 1,25×2,4 м кожна. Пшеницю вирощували після чорного пару, під який було внесено гній нормою 25 т/га. Навесні по мерзло-талому ґрунті пшеницю підживлювали аміачною селітрою в дозі N₃₀.

Рівень забезпечення ґрунтів рухомими сполуками основних елементів живлення на об'єктах досліджень визначали у фазу кушіння. Вміст мінерального азоту визначали за ДСТУ 4729:2007 [21], вміст рухомого фосфору та калію за методом Чирикова – згідно з ДСТУ 4115 [22].

Спостереження за динамікою надходження азоту в рослини розпочинали після відновлення весняної вегетації і проводили за такими макростадіями розвитку: кушіння (ВВСН 21-29), вихід в трубку (ВВСН 30-40), цвітіння (ВВСН 61-69). Для цього зрізали надземну частину не менше ніж 20 рослин на висоті 4-5 см над рівнем поверхні, у триразовій повторюваності. Вміст азоту у рослинному матеріалі визначали методом мокрої озолення за МВВ 31-497058-019-2005 [23], із аналітичним закінченням на спектрофотометрі

СPEKOL-21. Аналітична повторюваність вимірювань 2-разова.

Облік урожаю проводили за методом пробних снопів з площі 1 м² (1×1 м) у триразовій повторності. Обмолот пшениці проводили вручну у лабораторних умовах. Вміст сирової клейковини та білка в зерні визначали після його розмелювання на лабораторному млині, за методом інфрачервоної спектрометрії на аналізаторі Спектран-119. Поряд з цим, вміст білка у зерні визначали за даними аналітичного вимірювання вмісту азоту за вищезгаданим методом мокрої озолення, з подальшим перерахунком за коефіцієнтом 5,7 згідно з рекомендаціями [24]. Для оцінки якості зерна пшениці озимої за показниками вмісту білка та клейковини застосовували нормативи ДСТУ 3768:2010 [1].

Статистичну обробку одержаних експериментальних даних проводили за допомогою дисперсійного та регресійного аналізу в програмі Statistica 10.

Результати досліджень та їх обговорення. Проведення досліджень впродовж чотирьох років дозволяють у певній мірі відстежити особливості споживання азоту рослинами, формування врожаю та його якості, спричинені погодними умовами на період вирощування пшениці озимої. Вихідними даними для цього можуть слугувати результати спостережень найближчих метеостанцій: агрометеорологічної станції Миронівка для демонстраційно-дослідного поля НВФ «Урожай» та метеопоста ХНАУ ім. В. В. Докучаєва – для дослідного поля ДП «ДГ «Елітне» (табл. 1).

Таблиця 1

**Метеорологічні умови на об'єктах досліджень
(t° – середня температура повітря, RR – кількість опадів)**

Місяці	Демо-поля НВФ «Урожай»				ДП «ДГ «Елітне»				Середньо багаторічні ДП «ДГ «Елітне»		Середньо багаторічні НВФ «Урожай»	
	2015-2016 рр.		2016-2017 рр.		2017-2018 рр.		2018-2019 рр.		t°С	RR, мм	t°С	RR, мм
	t°С	RR, мм	t°С	RR, мм	t°С	RR, мм	t°С	RR, мм				
(IX)	18,2	44	15,7	2,2	17,7	25,7	18,9	35,5	14,5	43,5	14,5	38
(X)	7,1	27	6,9	73	8,5	44,3	11,4	19,1	7,5	39,2	8,5	30
(XI)	4,7	46	1,4	44	2,1	60,5	-1,8	20,8	0,6	43	2,1	43
(XII)	1,8	19	-1,8	31	2,4	62,9	-3,5	76,5	-3,7	43,5	-2,1	49
(I)	-5,8	71	-5,3	33	-3,8	48	-5,1	49,8	-6,5	38,3	-5,2	39
(II)	2,4	51	-2,6	33	-3,6	37	-5,6	35,9	-5,8	30,5	-4,5	39
(III)	4,2	36	6	12	3,4	109,3	4,2	7,9	-0,3	28,3	0,2	33
(IV)	12,4	55	10,5	43	12,4	12,9	11,5	44,5	9,6	35,5	8,8	42
(V)	15	91	15,4	23	19,9	15,9	18,4	43,4	16,1	43,7	15,5	45
(VI)	20,1	68	20,6	22	21,6	43,5	24,8	15,2	20,2	63,3	19,1	75
(VII)	22,1	19	20,9	102	23	28,7	21,4	38,8	21,4	71,7	20,7	83
(VIII)	21,2	37	22,4	20	24,6	-	21,2	-	20,6	46,9	19,8	56
Середнє за IX-VIII	10,3	-	9,2	-	10,7	-	8,6	-	7,9	-	8,1	-
Сума за IX-VIII	-	564	-	438,2	-	488,7	-	387,4	-	527,4	-	572
Середнє за III-VII	14,8	-	14,7	-	16,1	-	16,1	-	13,4	-	12,9	-
Сума за III-VII	-	269	-	202	-	210,3	-	149,8	-	242,5	-	278

Порівняння результатів цих метеоспостережень із середніми багаторічними даними показує, що за період досліджень тільки умови вирощування пшениці озимої в Черкаській області в 2016 році можна охарактеризувати як добре зволожені, адже сума опадів як за весь вегетаційний період, так і за період з відновлення весняної вегетації до збирання врожаю була лише на 2% меншою за середньобагаторічні дані по цій області. В наступному році кількість опадів зменшилася – на 16-17 %.

В умовах Харківської області кількість опадів значно відрізнялася за статистичними даними: у 2018 – на 7-13 %, а у 2019 – на 26-38 %. При цьому слід узяти до уваги, що середня температура повітря в усі роки досліджень перевищувала середні багаторічні показники. Для періоду вересень-серпень перевищення температури

складало від 0,7°C до 2,8°C, для періоду березень-липень – від 1,3°C до 2,7°C.

Окрім того, впродовж досліджуваного періоду спостерігалися тимчасові аномалії гідротермічного режиму, як-то: дуже вологий квітень-травень у 2016, посушливий травень-червень у 2017, квітень-липень у 2018 та червень-липень у 2019 році. Вищезазначені особливості погодних умов дають підстави як для виділення загальних рис кожного з досліджених сортів щодо формування якості зерна, так і для аналізу їхнього відгуку на посуху в той чи інший період розвитку рослин.

При цьому ми брали до уваги, що на об'єктах досліджень забезпеченість ґрунтів доступними формами елементів живлення була дещо різною (табл. 2). Насамперед це стосується азоту через більш високі норми внесення азотних добрив на демонстраційно-дослідному полі НВФ «Урожай».

Таблиця 2

Агрохімічна характеристика ґрунтів на досліджуваних об'єктах сортовипробування

Об'єкти досліджень	Вміст рухомих сполук NPK (мг/кг) та оцінка забезпеченості ними ґрунту (у дужках)		
	мінеральний азот	рухомий фосфор	рухомий калій
НВФ «Урожай»	24,5 (середній)	124 (підвищений)	124 (високий)
ДП «ДГ «Елітне»	8,2 (низький)	126 (підвищений)	162 (високий)

Умови вегетації пшениці озимої у 2016 році можна охарактеризувати як теплі, достатньо зволожені та дуже сприятливі для нарощування вегетативної маси пшениці. Зокрема, навесні опадів випало на 74,5 мм більше норми, за середньодобової температури вищої за норму на

2,3°C. Тому за таких умов ми спостерігаємо урожай пшениці від 6,32 до 11,89 т/га (табл. 3), але замалий вміст білка від 11,8 до 14,4% і клейковини від 17,8 до 24,65 % залежно від сорту (табл. 4).

Таблиця 3

Урожайність пшениці озимої різних сортів у 2016-2019 рр

Сорти	Урожайність зерна (1) і соломи (2) пшениці озимої за роками, т/га					
	2016 р.		2017 р.		2019 р.	
	1	2	1	2	1	2
Матрікс	6,32	15,68	3,85	9,91	5,92	13,08
Панонікус	8,00	10,20	3,87	8,69	8,00	13,00
Бодічек	8,48	10,92	3,39	6,57	9,20	9,40
Арктіс	11,89	12,16	3,50	9,84	6,12	14,28
Середнє	8,67	12,2	3,65	8,75	7,31	12,44

Таблиця 4

Вміст клейковини та білка у зерні пшениці озимої різних сортів у 2016-2019 рр.

Сорти	Вміст клейковини (1) та білка (2) в абсолютно сухій речовині зерна пшениці озимої за роками, %							
	2016 р.		2017 р.		2018 р.		2019 р.	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Матрікс	17,8	11,8	21,6	13,9	17,5	13,1	23,6	15,6
Панонікус	24,6	14,4	24,8	15,2	23,5	14,8	26,1	15,7
Бодічек	19,1	13,1	23,1	13,7	21,4	14,1	20,8	13,2
Арктіс	21,9	13,1	27,5	15,7	21,9	15,0	27,2	16,4
Середнє	20,8	13,1	24,2	14,6	21,1	14,2	24,4	15,2

Впродовж вегетації 2017 року відмічалася менша кількість опадів за середньо багаторічну на 89,2 мм, а середньодобова температура була вищою на 1,3°C. Особливо посушливим періодом цього року був травень-червень. Як відомо, для формування високобілкового зерна необхідні оптимальні температури повітря в середньому – 18-22°C у міжфазний період цвітіння - стиглість зерна [18]. На відміну від цього, у травні-червні 2017 року випало опадів на 50% менше опадів за середньо багаторічні дані. Такі погодні умови року сприяли більшому накопиченню білка у зерні, особливо у сортів Панонікус та Арктіс – 15,2 та 15,7%. Однак урожайність за таких погодних умов була значно гіршою за попередній рік: від 3,39 до 3,87 т/га.

На одержання високоякісного хліба впливає такий показник, як клейковина. У наших дослідженнях встановлено, що відсоток клейковини також є сортовою ознакою і залежить від генотипових особливостей сорту. Зокрема, у 2016 році різниця між кращим сортом за цією ознакою (Панонікус) і гіршим (Матрікс) досягла 6,8%. Що ж до 2017 року, то Панонікус займав друге місце 24,8% на відміну від сорту Арктіс – 27,5% за вмістом клейковини. Тобто, Арктіс за посушливих умов проявив себе краще. Сорт Матрікс, знову ж таки, був найгіршим серед досліджуваних сортів (21,6% клейковини).

Умови 2018-2019 років дослідження, які були проведені на дослідному полі «Елітне» також були контрастними. За весь вегетаційний період 2019 року опадів випало на 140 мм менше за середньо багаторічні показники, температура повітря відрізнялася на 1°C. За весняно-літній період випало 150 мм опадів, що на 60 мм менше за попередній. Але слід відмітити, що період

цвітіння пшениці озимої (квітень-травень) 2019 року порівняно з 2018 роком, то посушливішим він був у 2018 році – 28,8 мм; на відміну від 2019 – 87,9 мм. Вміст білка у 2018 році варіював в межах 13,1-15 %, а у 2019 році між 13,2 і 16,4 %. Найкращим за якістю зерна у 2019 році виявився сорт Арктіс – 16,4% білка та 27,2% клейковини, що відповідає 1 класу якості зерна. Найменший вміст клейковини та білка мав сорт Бодічек.

Отже, за посушливих умов року, які є сприятливими для утворення білка та клейковини, добре себе проявив сорт Арктіс, а за помірної температури та зволоженості – Панонікус. Сорти Матрікс та Бодічек мали гірші показники якості за всі 4 роки, але також простежувалася тенденція до зростання у посушливіших умовах.

На формування якості продукції зернових культур впливає комплекс факторів, але погодні умови їх корегують. За оцінкою науковців Харківського національного технічного університету сільського господарства [25], коливання вмісту азоту в зерні пшениці під впливом кліматичних змін є найбільшими (15 %), аніж під дією інших факторів, а саме: ґрунту – 10%, сорту – 6%, добрив – 5%, агротехнічних заходів 3,3%. У наших дослідженнях найбільше варіювання вмісту білка в зерні пшениці озимої також обумовлене погодними умовами року. Суттєва контрастність погодних умов за роки досліджень значно впливала на процес формування якості зерна пшениці озимої. Дані накопичення азоту в надземній частині пшениці відображують цю специфіку окремих років, адже відомо, що білковість зерна залежить як від генотипних особливостей, так і від забезпеченості рослин азотом (табл. 5).

Таблиця 5

Накопичення азоту в надземній масі пшениці озимої в період відновлення вегетації (2016-2019 рр.), %

Сорти	Середній вміст азоту у надземній частині рослин за роками та фазами розвитку, %											
	2016 р.			2017 р.			2018 р.		2019 р.			
	фенологічні фази розвитку за шкалою ВВСН											
	23-29	29-41	61-69	23-29	29-41	61-69	23-29	61-69	23-29	29-41	61-69	
Матрікс	4,13	3,41	1,46	5,45	3,19	0,95	4,13	1,65	3,26	2,84	1,74	
Панонікус	4,65	3,08	1,23	5,25	2,78	0,91	3,97	1,44	4,37	3,03	1,89	
Бодічек	4,47	2,73	1,68	5,29	2,58	1,29	3,73	1,47	4,14	2,98	1,13	
Арктіс	3,95	3,76	2,09	5,70	3,68	1,08	3,94	1,54	4,21	3,11	1,40	
Середнє	4,30	3,24	1,62	5,42	3,06	1,06	3,94	1,52	4,00	2,99	1,54	

Зокрема, за сприятливих погодних умов 2016 року зменшення концентрації азоту в тканинах від фази кушіння до фази цвітіння унаслідок так званого «ростового розбавлення» (“dilution effect”). Інтенсивність цього зменшення, яка є

важливою діагностичною ознакою ефективності споживання азоту рослинами, була найбільшою для сорту Панонікус (в 3,8 рази) та найменшою – для сорту Арктіс (в 1,9 рази). Як результат, пшениця сорту Арктіс сформувала найбільший

врожай зерна, оскільки запаси азоту в тканинах на час цвітіння були найвищими в цьому сорті.

Під час відновлення вегетації у 2017 році нарощування вегетативної маси стримувалося недостатніми запасами вологи у верхньому шарі ґрунту, через що уповільнювалося ростове розбавлення азоту і його вміст у тканинах був вищим, ніж у всі інші роки. Однак від фази виходу в трубку до фази цвітіння концентрація азоту зменшилася більш ніж в п'ять разів. На нашу думку, таке різке падіння свідчить про критичну нестачу азоту, що стало однією з причин значного недобору врожаю. При цьому відмінності між досліджуваними сортами були набагато меншими, як за вмістом азоту, так і за врожайністю та вмістом білка.

Інтенсивність зменшення концентрації азоту в тканинах від кущіння до цвітіння у 2018 році складала в 2,5-2,7 разів. Великих розбіжностей між сортами, що на початку вегетації, що

наприкінці – не спостерігалось. На відміну від цього, за погодних умов 2019 року, коли посушливий період припав на цвітіння та досягання зерна, різниця між сортами значно збільшилася. Сорт Бодічек, який мав найнижчий показник азоту на стадії ВВСН 61-69, показав найменшу врожайність.

Якщо рослини добре забезпечені цим елементом в пізні фази розвитку (цвітіння — молочна стиглість), то відтік азотистих речовин із вегетативних органів зменшується і більша частина білка в зерні синтезується внаслідок поглинання азоту в період наливу зерна [31]. З даних таблиці 6 видно, що вміст азоту в зерні пшениці озимої варіював залежно від сорту та від умов року зростання. Найбільше азоту містило зерно сорту Арктіс – від 2,31 до 2,63% (залежно від року вирощування) та Панонікус – від 2,48 до 2,64%. Меншим вмістом азоту у зерні відмічалися сорти Матрікс та Бодічек.

Таблиця 6

Вміст азоту в зерні пшениці озимої за даними хімічного аналізу та інфрачервоної спектроскопії (2016-2019 рр.)

Сорти	Вміст азоту в зерні пшениці озимої за даними інфрачервоної спектроскопії (над рискою) та хімічного аналізу (під рискою), %							
	2016 р.		2017 р.		2018 р.		2019 р.	
	дані вимірювань	середнє	дані вимірювань	середнє	дані вимірювань	середнє	дані вимірювань	середнє
Матрікс	2,07	2,06	2,44	2,33	2,30	2,18	2,74	2,27
	2,05		2,21		2,03		1,80	
Панонікус	2,53	2,51	2,67	2,64	2,60	2,48	2,75	2,54
	2,49		2,61		2,24		2,32	
Бодічек	2,30	2,18	2,40	2,25	2,47	2,25	2,32	1,93
	2,06		2,11		2,02		1,55	
Арктіс	2,30	2,31	2,75	2,55	2,63	2,48	2,88	2,63
	2,32		2,36		2,33		2,58	

Відповідно до задач нашого дослідження, інформацію щодо вмісту азоту у зерні пшениці отримували за допомогою як традиційного хімічного аналізу, так і безконтактним методом інфрачервоної спектроскопії. Встановлено, що між цими даними інколи є значні розбіжності, унаслідок цього коефіцієнт парної кореляції складає лише 0,49. Однак, ми вважаємо, що більш точним є хімічний метод, тому що саме за ним відбувається калібрування інфрачервоного аналізатора.

Для загальної характеристики впливу на вміст азоту в зерні сортових особливостей було проведено статистичне оцінювання варіювання за

допомогою дисперсійного аналізу. Оскільки кожного року досліджувані сорти вирощувалися за однакових ґрунтово-кліматичних умов та технологій, то коефіцієнт варіації вмісту азоту в зерні кожного сорту за період досліджень вказує на чутливість якості зерна пшениці цього сорту до погодних умов вирощування. Дані таблиці 7 показують, що середній вміст азоту в зерні найбільшим був у Арктіса та Панонікуса (2,40 та 2,42 %) за найменшого коефіцієнту варіації – 5,1 та 6,9 % відповідно. На нашу думку, це свідчить про те, що ці сорти менше реагують на погодні умови. Бодічек виявився найменш пластичним сортом, адже коефіцієнт варіації становив 13,4 %.

Таблиця 7

**Статистична оцінка варіабельності вмісту азоту в зерні пшениці озимої
різних сортів залежно від сортових ознак**

Сорти	Статистичні характеристики вмісту N в зерні			
	Середнє значення, %	Стандартна помилка середньої, %	Стандартне відхилення, %	Коефіцієнт варіації, %
Матрікс	2,02	0,08	0,17	8,3
Панонікус	2,42	0,08	0,17	6,9
Бодічек	1,94	0,13	0,26	13,4
Арктіс	2,40	0,06	0,12	5,1

Не менш важливим статистичним інструментом оцінювання впливу досліджених факторів є коефіцієнт кореляції. Кореляційний аналіз взаємозв'язку вмісту азоту за стадіями розвитку рослин пшениці з вмістом білка в кінцевій продукції показує, що найбільш важливою у даному відношенні є фаза виходу в трубку, коли коефіцієнти кореляції є найвищими (табл. 8). Разом з тим, абсолютна величина цих коефіцієнтів, яка не перевищує 0,50, вказує, що тільки 25 % варіювання

вмісту білка у зерні обумовлена показником накопичення азоту в надземній частині в період від кущіння до цвітіння. У більш пізні етапи розвитку важливим чинником є умови, що сприятимуть ремобілізації азоту з вегетативної частини до зернівки, що формується. Зокрема, у 2019 році через високі температури повітря та посуху на етапі досягання зерна ремобілізація відбулася не повністю, на що вказують коефіцієнти кореляції вмісту білка із вмістом азоту у зерні та соломі.

Таблиця 8

**Кореляція вмісту білка у зерні та вмісту азоту в надземній масі пшениці
у різні фази розвитку рослин**

Об'єкти досліджень	Роки досліджень	Коефіцієнт кореляції вмісту білка у зерні та вмісту азоту в надземній масі пшениці				
		фази розвитку			досягання	
		кущіння	вихід в трубку	цвітіння		
					зерно	солома
НВФ «Урожай»	2016	0,21	0,27	0,20	0,55	0,35
	2017	0,09	0,45	-0,09	0,71	0,06
ДП «ДГ «Елітне»	2018	-	0,40	0,17	0,29	-0,11
	2019	0,20	0,44	0,50	0,67	0,52

Таким чином, при вирощуванні пшениці озимої з метою отримання високоякісного зерна пшениці озимої ми повинні враховувати, що закладені генотипові якісні ознаки можуть проявлятися залежно від умов вегетації. Також важливим є своєчасне забезпечення азотом надземної маси цієї рослини.

Перевіривши сталість взаємозв'язків вмісту білка в зерні пшениці озимої від вмісту в ній азоту ми зробили висновок, що зерно високої якості ми отримуємо, коли рослина буде добре забезпечена азотом в більш пізні фази розвитку. Посушливі погодні умови можуть посприяти або перешкодити ремобілізації азоту до зернівки, адже через надмірну температуру при досягання зерна формується щупле низьконатуральне зерно.

Висновки. Досліджені у 2016-2019 рр. сорти пшениці озимої закордонної селекції Арктіс, Матрікс (Deutsche Saatveredelung AG, Німеччина), Панонікус (Saatzucht Donau, Австрія), Бодічек

(RAGT Semences, Чехія) виявили неоднакову здатність до формування якісного зерна за несприятливих погодних умов в період з відновлення весняної вегетації до збирання врожаю. За посушливих умов року найвищий вміст білка у зерні давав сорт Арктіс, а за помірної температури та зволоженості – сорт Панонікус. Сорти Матрікс та Бодічек мали гірші показники якості за весь період спостережень, причому пшениця останнього сорту найбільше постраждала за посухи в період від цвітіння до збирання врожаю у 2019 році.

Вміст азоту в надземній частині пшениці досліджених сортів неоднаково змінювався за різних погодних умов вегетації. Найбільші відмінності між сортами спостерігалися за сприятливих гідротермічних умов 2016 року, найменші – за посушливих умов. При цьому, тільки 25% варіювання вмісту білка у зерні обумовлено показником накопичення азоту в надземній частині в період від кущіння до цвітіння.

За 4 роки досліджень середній вміст азоту в зерні найбільшим був у сортів Арктіс та Панонікус за найменшої варіабельності цієї ознаки. Варіабельність вмісту азоту в зерні пшениці сорту Бодічек була найбільшою серед досліджуваних сортів.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ 3768-2010 Пшениця. Технічні умови [Чинний від 01.04.2010 року] Київ, 2010
2. Ромашенко М.І., Тараріко Ю.О., Шатковський А.П., Сайдак Р.В., Сорока Ю.В. Наукові засади розвитку землеробства у зоні Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 10. С. 5-9
3. Починок В.М., Радченко О.М. Сучасний стан досліджень запасних білків пшениці. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2011. Т. 43. № 3. С. 255-266
4. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні станом на 2019 р. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.
5. Шевченко О.І., Турченко Л. О. Стабільність якості зерна: Фактор погодних особливостей чи невідповідність технологій. *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці*. 2008. Вип.8. С. 371–387.
6. Бараболя О. В. Вплив агроєкологічних факторів на урожайність та якість зерна пшениці твердої ярої в лівобережній лісостеповій зволоженій підзоні : дис. канд. с.-г. наук : 06.01.09 / Полтава, 2008. 198 с
7. Попов С. І., Панченко І. А., Полеско Ю. А., Юрченко П.Х. Якість зерна сортів ярої пшениці селекції ІР ім. В.Я. Юр'єва у зв'язку з азотним, фосфорним та калійним живленням ґрунту. *Вісник ХДАУ*. Х. 2000 Т. 2 С. 118-124.
8. Залежність урожаю та якості зерна ярої твердої пшениці від вмісту в ґрунті поживних речовин / С. І. Попов та ін. *Селекція і насінництво*. Харків: ІР ім. В.Я. Юр'єва, 2000. Вип. 84. С. 84–92.
9. Erekl O., Kohn W. 2006. Effect of weather and soil conditions on yield components and bread-making quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter triticale (*Triticosecale* Wittm.) varieties in north-east Germany. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 192(6): 452-464.
10. Johansson E.. Effect of two wheat genotypes and Swedish environment on falling number, amylase activities, and protein concentration and composition *Euphytica*. 2002.
11. Cesevičienė J., Leistrumaitė A. and Paplauskienė V. Grain yield and quality of winter wheat varieties in organic agriculture *Agronomy Research* 7(Special issue I), 217. 223. 2009.
12. Жемела Г.П. Заходи з поліпшення якості зерна: Науково-виробничий посібник українського хлібороба. Харків: Академпрес, 2009.С. 31-37.
13. Негіс І.Т. Пшениця озима на півдні України: монографія. Херсон: Олді-плюс, 2011. 460 с.
14. Gaj R., Górski D., Przybył J. The effect of differentiated phosphorus and potassium fertilization on winter wheat yield and quality. *Journal of Elementology*. 2013; 18(1): 55-67. doi:10.5601/jelem.2013.18.1.04
15. Гамаюнова В., Смірнова І, Литовченко А. Збільшення зерновиробництва на півдні Степу України за зміни клімату. *Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату: зб. наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції Кам'янець – Подільський*, 2017. с 63-67.
16. Hamnér K., Weih M., Eriksson J., Kirchmann H. Influence of nitrogen supply on macro- and micronutrient accumulation during growth of winter wheat. *Field Crops Research*. 2017; 213: 118-129 DOI: 10.1016/j.fcr.2017.08.002
17. Wei J, Li C, Li Y, Jiang G, Cheng G, et al. (2013) Effects of External Potassium (K) Supply on Drought Tolerances of Two Contrasting Winter. *Wheat Cultivars*. PLoS ONE 8(7): e69737. DOI:10.1371/journal.pone.0069737
18. Deng Y, Teng W, Tong Y-P, Chen X-P and Zou C-Q (2018) Phosphorus Efficiency Mechanisms of Two Wheat Cultivars as Affected by a Range of Phosphorus Levels in the Field. *Front. Plant Sci*. 9:1614. DOI: 10.3389/fpls.2018.01614
19. Gyuga P., Demagante A.L., Paulsen G.M. Photosynthesis and grain growth of wheat under extreme nitrogen nutrition regimes during maturation. *J. Plant Nutr*. 2002. 25, N 6. P. 12811290.
20. Balla Krisztina, Raks zegi Mariann, Zhongy Li, Békés Ferenc, Benc ze1Szilvia and Ottó Veisz. Quality of Winter Wheat in Relation to Heat and Drought Shock after Anthesis *Czech J. Food Sci*. Vol. 29, 2011, No. 2: 117–128
21. ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначення нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського. [Чинний від 2008–01–01]. Київ, 2008. 14 с
22. ДСТУ 4115-2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. [Чинний від 2003-01-01]. Київ, 2002. 9 с.
23. Скрильник Є. В., Розумна Р. А. МВВ 31–497058–019–2005 Рослини. Визначення загальних форм азоту, фосфору, калію в одній наважці рослинного матеріалу: Методики визначення складу та властивостей ґрунтів. Харків, 2005. Кн. 2. С. 189–208.
24. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення якості продукції рослинництва. Затв. Наказом Мінагрополітики України від 12.12.2016 р. № 540. Київ: Український інститут експертизи сортів рослин, 2016. 158 с.
25. Урожайність і якість зерна озимої пшениці в залежності від основних факторів / Солошенко О. В., Харченко С. О., Кочетова С. І., Безпалько В. В.. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2014. Вип. 152. С. 120-128.

А. М. Звонарь. Влияние погодных условий года и сортовых особенностей на потребление азота и формирование качества зерна пшеницы озимой

В статье освещены результаты исследования влияния двух факторов на качество зерна озимой пшеницы – особенностей сорта и погодных условий года. Исследованы сортовые различия поступления азота в зерно озимой пшеницы. Выявлено большее влияние генетических особенностей сорта пшеницы озимой, чем погодных условий на накопление азота в зерне пшеницы. Подтверждена зависимость высокого качества зерна пшеницы от засушливых погодных условий. Такие сорта как Арктис и Паноникус показали более устойчивые показатели содержания азота, поэтому зерно этих сортов наиболее кондиционное.

Ключевые слова: содержание азота, пшеница озимая, сортовые особенности, содержание белка, погодные условия.

A. M. Zvonar. Influence of weather conditions of the year and variety features on nitrogen consumption and formation of winter wheat grain quality

The article discusses the influence of two factors on the quality of winter wheat grain - the characteristics of the variety and weather conditions of the year. Varietal differences in the nitrogen supply to winter wheat grains were studied. A greater influence of the genetic characteristics of winter wheat varieties than weather conditions on the accumulation of nitrogen in wheat grain was revealed. The dependence of high quality wheat grain on arid weather conditions were confirmed. Varieties such as Arctis and Panonicus have shown more stable indicators of nitrogen content, so the grain of these varieties is the most conditioned.

Keywords: nitrogen content, winter wheat, varietal features, protein content, weather conditions.



Ця робота ліцензована Creative Commons Attribution 4.0 International License