

УДК 633.171:581.134.1

**В. Ф. Камінський, доктор сільськогосподарських наук,  
академік НААН**

**О. В. Глієва, аспірант**

*ННЦ «ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН»*

## **СОРТОВІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ТА НАКОПИЧЕННЯ КРОХМАЛЮ У ЗЕРНІ ПРОСА ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ**

Зерно по праву займає перше місце серед джерел енергії в харчуванні людини. Основною енергетичною цінністю зерна є вміст в ньому вуглеводів. Запасною формою вуглеводів, що нагромаджується в результаті фотосинтезу у плодах, зерні, коренях і бульбах рослин є рослинний високомолекулярний полісахарид – крохмаль. Зазвичай, він складається з двох різних форм: амілази (20-30%), що має лінійну молекулу цього полісахариду та амілопектину (70-80%) з розгалуженою молекулою, співвідношення яких залежить від природи рослин [3, 4, 5].

Амілопектин вважається найціннішим серед вуглеводів. Сьогодні його широко використовується для дієтичного, дитячого та лікувального харчування, його можна зустріти у складі різних продуктів спортивного харчування [3, 5]. Крім того, додавання амілопектину до борошна в хлібопекарській промисловості дає змогу підвищити термін зберігання хліба [3]. У спиртовій промисловості покращується вихід біоетанолу, в хімічній його використовують для виробництва плівок та інших пакувальних матеріалів, а також виготовлення клею. Він є важливою складовою при виготовленні ліків у фармацевтичній промисловості [5].

Тому виробництво природного амілопектину є перспективним напрямком розвитку порівняно з модифікованими видами крохмалю, отриманими хімічним шляхом, особливо беручи до уваги швидку популяризацію у світі органічних продуктів.

**Постановка проблеми.** На сьогодні основним джерелом амілопектину природного походження є новостворені wx-сорти пшениці, wx-гібриди кукурудзи та ін [5]. Проте, у зв'язку із глобальними змінами клімату, що проявляються у напрямі посилення проявів посушливих явищ однією з найперспективніших культур є просо посівне, яке має чимало переваг при вирощуванні і не потребує особливих додаткових затрат на реалізацію генетичного потенціалу культури. На відміну від інших культур, просо посівне краще використовує

грунтову вологу. Анатомічна будова коренів, сильно розвинені їхні провідні тканини, а також архітектоніка стебел і листків дають змогу використовувати вологу з ґрунту, що за межею «мертвого запасу» для більшості с.-г. культур [1, 2]. При цьому, навіть за таких екстремальних умов, урожайність культури може становити 6 т/га.

В Україні селекціонерами ННЦ «Інститут землеробства НААН» вперше створено амілопектиновий (wx) сорт проса Чабанівське, який дає прирости врожаю у всіх зонах вирощування порівняно до стандарту. У звичайного проса крохмаль складається на 25-30% амілази і на 70-75% амілопектину. У зерні, створеного в інституті wx-сорт, крохмаль складається з амілопектину на 98-100% [4]. Завдяки цьому він є цінним для виробництва саме вітчизняного амілопектинового крохмалю, адже власних потужностей з виробництва амілопектину в Україні поки що немає і цей продукт, держава імпортує, витрачаючи при цьому значні кошти.

Утворення лише амілопектинового крохмалю у зерні є генетично-обумовленою ознакою, тому можна припустити, що метаболізм у цього сорту проходить дещо за іншими правилами, ніж у сортів звичайного типу, особливо у ланцюжку утворення та накопичення вуглеводневих структур.

З огляду на це, розроблення технології вирощування проса сорту Чабанівське, який містить лише амілопектинову фракцію крохмалю, є актуальним і економічно вигідним, адже відпадають затратні хімічні та фізичні операції з фракціонування крохмалю, знижується потреба в імпортуванні амілопектину.

Для підвищення реалізації потенціалу продуктивності сорту, покращення показників якості зерна потрібно максимально оптимізувати чинники середовища у якому він вирощується. Одним із найдоступніших з них, які піддаються впливу людини, є система удобрення.

Тому метою наших досліджень було встановлення особливості формування урожайності та якості зерна рослин проса wx-типу і звичайного залежно від різних доз фосфорних і калійних добрив у технології вирощування культури.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводили у тимчасовому досліді на полях відділу адаптивних інтенсивних технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур ННЦ «Інститут землеробства НААН» протягом 2013 – 2015 рр. Ґрунт – сірий лісовий крупнопилуватолегкосуглинковий і характеризується такими показниками родючості: вміст гумусу (за Тюриним) – 1,15%, азоту, що гідролізується (за Корнфільдом) – 57,4 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору (за Чиріковим) – 133 мг/кг ґрунту,

обмінного калію – 127 мг/кг ґрунту;  $pH_{\text{сол.}}$  – 5,0; сума ввібраних основ – 7,2 мг-екв./100 г ґрунту, гідролітична кислотність – 2,25 мг-екв./100 г.

Для вирішення поставленого завдання було проведено дослідження за наступної схеми застосування добрив: на фоні рекомендованої дози азотних добрив ( $N_{60}$ ) в осінній період вносили фосфорні та калійні добрива (30; 60 кг/га д.р.) в різних комбінаціях, контролем слугував варіант без добрив. Попередник – пшениця озима. Основний обробіток ґрунту – зяблева оранка на глибину 23-25 см. Сівбу проводили звичайним рядковим способом (15 см) з нормою висіву 4,0 млн шт./га схожих насінин. Облік урожаю проводили сноповим методом з наступним перерахуванням на стандартну вологість. Обробку даних проводили за допомогою дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу.

**Результати досліджень.** Проведені нами дослідження свідчать, що найкращим для формування врожаю було внесення  $N_{60}P_{30}K_{60}$  (5,06 т/га), що забезпечило приріст на рівні 1,53 та 1,19 т/га порівняно до варіанту без добрив та внесення  $N_{60}$  у сорту Чабанівське (табл. 1). У сорту Омріяне важливого значення у системі удобрення набули азотні добрива. Так, лише внесення  $N_{60}$  дало приріст врожаю на рівні 0,30 т/га. Введення у систему удобрення фосфору у дозі 60 кг/га підвищувало урожайність сортів відповідно на 0,39 та 0,69 т/га порівняно до контролю та фону  $N_{60}$ . За меншої дози фосфорних добрив спостерігалось значне зниження зернової продуктивності обох сортів.

Для проса, у вуглеводний комплекс якого входить лише амілопектиновий крохмаль, важливим було достатнє забезпечення калієм.

Урожайність за внесення калію у дозі 30, 60, 90 кг/га на фоні  $N_{60}$  варіювала у межах 4,67-4,76 т/га. Різниця між цими варіантами була неістотною (в межах  $HP_{0,5}$ ), тому можна стверджувати, що не стільки доза калію впливає на урожайність *vx*-сортів проса, скільки взагалі наявність його у доступній формі. А у сорту Омріяне доза калію 90 кг/га забезпечила максимальний показник урожаю 5,04 т/га. Введення у систему удобрення фосфору на фоні азотних і калійних добрив покращувало умови росту та розвитку у сорту Чабанівське, в той час як у сорту Омріяне показники продуктивності на цих варіантах знижувалися.

Особливо необхідно відмітити роль калію у підвищенні врожаю обох сортів. Зокрема, у сорту Омріяне збільшення в ґрунтовому розчині доступних форм калію підвищувало урожайність на 0,84-0,45 т/га порівняно до варіантів із внесенням лише азотних і фосфорних добрив.

Застосування удобрення  $N_{60}P_{30}K_{60}$  та  $N_{60}K_{90}$  формувало різні показники

**Таблиця 1. Урожайність зерна проса залежно від фосфорного та калійного удобрення, т/га**

Варіант	Сорт			
	Чабанівське		Омріяне	
	урожайність, т/га	+/- до контролю	урожайність, т/га	+/- до контролю
Без добрив (контроль)	3,53	-	3,90	-
N <sub>60</sub> - фон	3,87	+0,34	4,20	+0,30
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	4,10	+0,57	4,11	+0,21
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	4,35	+0,82	4,59	+0,69
N <sub>60</sub> K <sub>30</sub>	4,76	+1,23	4,95	+1,05
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,67	+1,14	4,79	+0,89
N <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	4,72	+1,19	5,04	+1,14
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	5,01	+1,48	4,71	+0,81
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	5,06	+1,53	4,55	+0,65
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub>	4,84	+1,31	4,56	+0,66
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,99	+1,46	4,25	+0,35
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	4,79	+1,26	4,53	+0,63
НІР <sub>0,5</sub> , т/га	0,14	-	0,17	-
V, %	10,8	-	7,6	-

якості сортів проса звичайного та wx-типу за близьких показників рівнів урожаю (5,04 і 5,06 т/га) (табл. 2).

Сорт Чабанівське за відсотковим вмістом крохмалю, жиру та зольних елементів переважає звичайний сорт. Менша плівчастість (12,8 %) показує, що зерно було крупнішим, ніж в сорту Омріяне. Зокрема, у сорту Чабанівське вміст крохмалю в середньому був майже на 4,5 абс % більшим, ніж у Омріяного. Вищий показник вмісту крохмалю (53,41 %) у сорту Чабанівське був отриманий за  $N_{60}K_{90}$ .

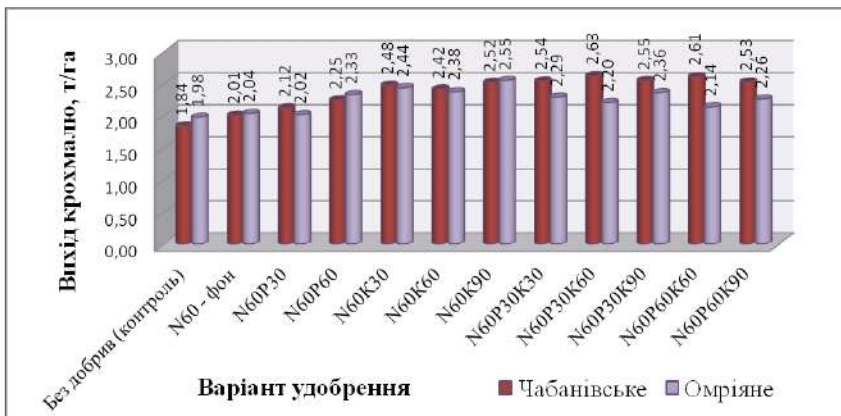
Вихід крохмалю з одиниці площі є результиуючим показником відсоткового вмісту його у зерні й урожайності з 1 гектара (рис. 1). Найбільше крохмалю з одиниці площі (2,63 т/га) було зібрано за внесення 60 кг азоту, 30 кг фосфору і 60 кг калію у сорту Чабанівське.

За аналогічного удобрення сорту Омріяне збір крохмалю був низьким (2,20 т/га), а найбільший вміст крохмалю (2,55 т/га) був отриманий за внесення калійних добрив 90 кг/га д.р. Це свідчить про істотну різницю у реакції амілопектинового сорту порівняно зі звичайним на різні рівні фосфорного і калійного удобрення.

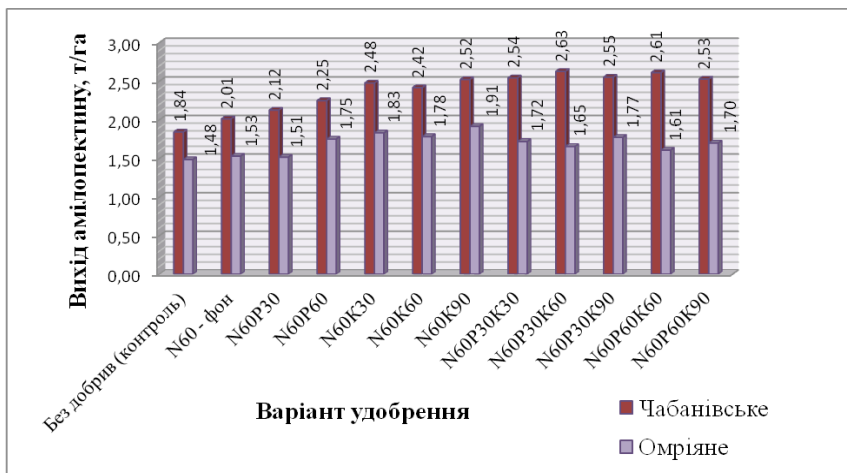
Так, як амілоза і амілопектин мають різні споживчі властивості, селекцією намагаються створити у різних культур сорти, які містять або амілозу, або амілопектин. Використання таких сортів, які містять лише одну форму

**Таблиця 2. Показники якості wx-сортів проса Чабанівське та звичайного сорту Омріяне, у середньому за 2013-2015 рр.**

Якісні показники зерна, %	Сорт	
	Чабанівське ( $N_{60}P_{30}K_{60}$ )	Омріяне ( $N_{60}K_{90}$ )
Білок, %	9,34	9,59
Жир, %	3,63	3,58
Клітковина, %	6,12	6,46
Крохмаль, %	51,91	50,63
$P_2O_5$ , %	0,73	0,64
$K_2O_5$ , %	0,48	0,48
Плівчастість, %	12,8	14,5
Урожайність, т/га	5,06	5,04



**Рис. 1. Вихід крохмалю з урожаєм зерна проса сортів Чабанівське та Омріяне залежно від варіантів удобрення, середнє за 2013-2015 рр., т/га**



**Рис. 2. Вихід амілопектину з урожаєм зерна проса сортів Чабанівське та Омріяне залежно від варіантів удобрення, середнє за 2013-2015 рр.**

крохмалю є дуже вигідним, адже відпадають затратні хімічні і фізичні способи на їх розділення.

Враховуючи вартість амілопектину на світовому ринку (рис. 2), ми прорахували також його вихід з одиниці площі. Якщо взяти до уваги, що у сорту Чабанівське вміст амілопектину у крохмалі становить 100%, то його вихід у сорту Омріяне знижується на 25%.

Крім того, щоб його отримати, в останньому випадку необхідно провести ряд хімічних перетворень, для яких промислових потужностей в Україні немає.

Продукційний процес формування врожаю сільськогосподарських культур розглядається як складний безперервний ланцюг взаємопов'язаних фізіологічних процесів, якість яких в значній мірі визначається впливом умов вирощування, а кінцевим результатом якого є врожай. На базі експериментальних даних побудовано рівняння залежності урожайності сортів проса від доз фосфорних та калійних добрив на фоні азотних ( $N_{60}$ ).

Для сорту проса Чабанівське воно має вигляд:

$$Y=3,8278+0,0161X-0,0002X^2+0,0329X_1-0,0003X_1^2, R=0,949, D=90,1 \%$$

Для сорту Омріяне:

$$Y=4,2882-0,0085X-0,0001X^2-0,0099X_1+0,1416 \sqrt{X_1}, R=0,701, D=49,1 \%$$

$Y$  – урожайність, т/га;  $X$  – дози фосфорних добрив, кг/га;  $X_1$

Достовірність отриманих рівнянь оцінювали за критерієм Фішера на 95 % рівні ймовірності ( $F_{\text{факт.}} > F_{0,05}$ ) та кожний коефіцієнт рівняння перевірявся на достовірність за критерієм Стьюдента.

Отримані коефіцієнти множинної кореляції ( $R$ ) свідчать про те, що тісний зв'язок між вказаними показниками відбувався за вирощування сорту Чабанівське ( $R = 0,949$ ). При цьому вплив доз добрив на урожайність, який оцінюється коефіцієнтом детермінації ( $D$ , %) становив 90%. Для сорту Омріяне коефіцієнти були нижчими і становили  $R = 0,701$ ,  $D = 49,1 \%$ . Тому закономірність впливу доз фосфорних та калійних добрив на фоні азотних ( $N_{60}$ ) можна описати рівняннями такого типу, а точніший прогноз урожайності проса можна зробити за рівнянням регресії яке побудоване для сорту Чабанівське.

**Висновки.** Таким чином наявність доступних форм калію сприяли отриманню урожайності сорту проса Чабанівське на рівні 4,67-4,76 т/га. Введення у систему удобрення фосфору на фоні азотних і калійних добрив покращувало умови росту та розвитку у сорту Чабанівське – урожайність становила 4,79-5,06 т/га, тоді як у сорту Омріяне показники продуктивності на цих варіантах знижувалися. А важливого значення у системі удо-

брення набули калійні добрива на фоні азотних, які забезпечили приріст врожаю 1,14 т/га.

Найбільше крохмалю, а відповідно й амілопектину, з одиниці площі (2,63 т/га) було зібрано за внесення 60 кг азоту, 30 кг фосфору і 60 кг калію у сорту Чабанівське. За аналогічного удобрення сорту Омріяне збір крохмалю був нижчим (2,20 кг/га крохмалю і 1,65 т/га амілопектину).

Залежність формування урожайності від доз фосфорних та калійних добрив на фоні азотних ( $N_{60}$ ) можна описати рівнянням регресії для сорту Чабанівське. Коефіцієнт множинної кореляції  $R$  вказує на доволі тісний зв'язок між аналізованими показниками (0,70 – 0,95) в обох сортів.

1. Драган М. І. Вплив азотних добрив на ріст і розвиток кореневої системи проса / М. І. Драган, О. Г. Любич // Зб. наук. праць Інституту землеробства УААН. – К.: Фітосоціоцентр, 2003. – Вип. 3-4. – С. 121-128.

2. Драган М. І. Особливості технології вирощування круп'яних культур / М. І. Драган Р. Є. Грищенко, О. Г. Любич, М. О. Вовкотруб // Зб. наук. праць Інституту землеробства УААН. – К.: ЕКМО, 2004. – Вип. 2-3. – С. 3-6.

3. Перевертун Л. І. Амілопектинове просо значною мірою покращує властивості пшеничного борошна / Л. І. Перевертун // Зерно і хліб : наук.-вироб. журн. - 2012. - № 3. - С. 58-59.

4. Перевертун Л. І. Особливості успадкування алопектинового крохмалю в зерні проса та створення донорів / Л. І. Перевертун, О. В. Синицина // Збірник наукових праць Національного наукового центру “Інститут землеробства УААН” – К.: ВД “ЕКМО”, 2010. – Вип. 4. – С. 224 – 229.

5. Шпаар Д. та ін.. Зерновые культуры: выращивание, уборка, хранение и использование / Д. Шпаар – К.: Издательский дом «Зерно», 2012. – 704 с.

1. Drahan, M. I. (2003). Vplyv azotnykh dobryv na rist i rozvytok korenevoi systemy. [Influence of nitrogen fertilizers on the growth and development of the root system of millet]. Kyiv: Fitosotsiotsentr; 3-4, 121-128.

2. Drahan, M. I. (2004). Osoblyvosti tekhnolohii vyroshchuvannia krupianykh kultur. [Features technologies of growing of cereals]. Kyiv: ЕКМО, 2-3, 3-6.

3. Perevertun, L. I. (2012). Amilopektynovе proso znachnoiu miroiu pokrashchue vlastyivosti pshenychnoho boroshna. [Amylopectin millet greatly improves the properties of wheat flour]. Zerno i khlіb: nauk.-vyrob. Zhurn, 3, 58-59.

4. Perevertun, L. I. (2010). Osoblyvosti uspadkuvannia alopektynovoho



*krokhmaliiu v zerni prosa ta stvorennia donoriv. [Features of inheritance of amylpectin starch in grain millet and the creation of donors]. Kyiv: VD "EKMO", 4, 224 – 229.*

5. *Shpaar, D. (2012). Zernovye kultury: vyrashchyvanye, uborka, khranennye u yspolzovanye [Grain crops: cultivation, harvesting, storage and use]. Kyiv: Yzdatelskyi dom «Zerno», 704.*

Завдяки своїм фізіологічним особливостям росту і розвитку просо є досить актуальною культурою для вирощування в зонах з нестійкими погодними умовами. Особливості біохімічного складу вторинних продуктів фотосинтезу зумовлюють високу харчову та кормову цінність продуктів переробки зерна проса. У природі є типи рослин кукурудзи, сорго, проса та інших видів, зернівка яких складається лише з амілопектину та характеризуються 100 % вмістом виху типу крохмалю, що впливає на різні хімічні й технологічні властивості в напрямку цільового використання в промисловості. Тому метою досліджень було встановлення особливості формування урожайності та якості зерна рослин проса *wx*-типу (створеного в ННЦ «Інститут землеробства НААН») і звичайного, залежно від різних доз фосфорних і калійних добрив у технології вирощування культури.

Підсумовуючи отримані результати, можна з упевненістю стверджувати, що в основі формування вуглеводного комплексу важливу нішу займають особливості фосфорного і калійного живлення сортів проса з різним типом крохмалю. У сорту Чабанівське найкращим для формування врожаю було внесення  $N_{60}P_{30}K_{60}$  (5,06 т/га), що забезпечило приріст на рівні 1,53 та 1,19 т/га порівняно до варіанту без добрив та внесення  $N_{60}$  а у сорту Омріяне  $N_{60}K_{90}$  – 5,04 т/га.

Показано, що за приблизно однакового рівня врожайності на якість зерна сортів впливає різна система удобрення. Прораховано вихід крохмалю, а відповідно з нього амілопектину з одиниці площі. Найбільше крохмалю з одиниці площі (2,63 т/га) було зібрано за внесення 60 кг азоту, 30 кг фосфору і 60 кг калію у сорту Чабанівське. У сорту Омріяне 2,55 т/га крохмалю було отримано за внесення калійних добрив в дозі 90 кг/га д.р.

Рівняння регресії, яке наведено в статті дає можливість змоделювати рівень врожайності в залежності від різних доз фосфорних та калійних добрив

**Ключові слова:** амілопектиновий тип крохмалю, *wx*-сорт, просо, урожайність, якість зерна.

Благодаря своим физиологическим особенностям роста и развития просо является весьма актуальной культурой для выращивания в зонах с неустойчивыми погодными условиями. Особенности биохимического состава вторичных продуктов фотосинтеза обуславливают высокую пищевую и кормовую ценность продуктов переработки зерна проса. В природе есть типы растений кукурузы, сорго, проса и других видов, зерновка которых состоит только из амилопектина и характеризуются 100 % содержанием *waхu* типа крахмала, влияет на различные химические и технологические свойства в направлении целевого использования в промышленности. Поэтому, целью исследований было установление особенности формирования урожайности и качества зерна растений проса *wx*-типа (созданного в ННЦ «Институт земледелия НААН») и обычного в зависимости от различных доз фосфорных и калийных удобрений в технологии выращивания культуры.

Суммируя полученные результаты, можно с уверенностью утверждать, что в основе формирования углеводного комплекса важную нишу занимают особенности фосфорного и калийного питания сортов проса с разным типом крахмала. У сорта Чабанивский лучшим для формирования урожая было внесение  $N_{60}P_{30}K_{60}$  (5,06 т/га), что обеспечивает прирост на уровне 1,53 и 1,19 т/га по сравнению с вариантом без удобрений и внесения  $N_{60}$ , а у сорта Омрияне  $N_{60}K_{90}$  - 5,04 т/га.

Показано, что примерно при одинаковом уровне урожайности на качество зерна сортов влияет разная система удобрения. Просчитано выход крахмала, а соответственно с него амилопектина с единицы площади. Больше крахмала с единицы площади (2,63 т/га) было собрано за внесение 60 кг азота, 30 кг фосфора и 60 кг калия в сорта Чабанивский. У сорта Омрияне 2,55 т/га крахмала было получено при внесении калийных удобрений в дозе 90 кг/га д.в. Уравнения регрессии которое приведено в статье дает возможность смоделировать уровень урожайности в зависимости от различных доз фосфорных и калийных удобрений.

**Ключевые слова:** амилопектиновый тип крахмала, *wx*-сорт, просо, урожайность, качество зерна.

*Due to its physiological features, the growth and development of millet is a very relevant crop for growing in areas with unstable weather conditions. The peculiarities of the biochemical composition of the secondary products of photosynthesis are due to the high nutritional and fodder value of products of grain millet processing. In nature, there are types of plants of corn, sorghum, millet and*

*other species, which grains consist of only amylopectin and are characterized by 100% waxy type of starch, which affects various chemical and technological properties in the direction of targeted use in industry. Therefore, the purpose of the research was to establish the peculiarities of the formation of yield and quality of grains of wax-type millet plants (created at the NSC "Institute of Agriculture of the NAAS") and usual depending on various doses of phosphorus and potassium fertilizers in the technology of cultivating culture.*

*Summarizing the results, it is safe to assert that the basis of the formation of the carbohydrate complex occupy an important niche features of phosphate and potassium nutrition of varieties of millet with different types of starch. In the Chabanivske variety, the  $N_{60}R_{30}K_{60}$  (5,06 t/ha) was the best for the crop formation, which provided an increase of 1,53 and 1,19 t/ha compared to the non-fertilized variant and the introduction of  $N_{60}$ , while the Omriane  $N_{60}K_{90}$  - 5,04 t/ha.*

*It is shown that a different fertilizer system influences the quality of grain varieties at approximately the same level of yield. The yield of starch has been calculated, and accordingly amylopectin per unit area. The largest amount of starch per unit area (2,63 t/ha) was collected for the introduction of 60 kg of nitrogen, 30 kg of phosphorus and 60 kg of potassium in the Chabanivske variety. In the Omriane variety 2,55 t/ha of starch was received for the introduction of potash fertilizers in a dose of 90 kg/ha d.r.*

*The equation of regression given in the article gives the possibility to simulate the level of yield, depending on the different doses of phosphorus and potassium fertilizers.*

**Keywords:** amylopectin type of starch, wx-grade, millet, yield, quality of grain.

**Рецензенти:**

Сінченко В.М.-д.с.-г.н.

Олійник К.М.- к.с.-г.н.

Стаття надійшла до редакції 25.09.2017 р.